

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUANA GABRIELA LENHARD

**PERSPECTIVAS E IMPLICAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS DO
FRATURAMENTO HIDRÁULICO: GÁS DE FOLHELHO COMO *COMMODITY* E
FONTE ENERGÉTICA NA MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE**

CURITIBA

2016

LUANA GABRIELA LENHARD

**PERSPECTIVAS E IMPLICAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS DO
FRATURAMENTO HIDRÁULICO: GÁS DE FOLHELHO COMO *COMMODITY* E
FONTE ENERGÉTICA NA MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE**

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e
Desenvolvimento do Programa de Pós-Graduação em
Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal
do Paraná

Orientador: Profº Carlos Henrique Coimbra Araújo
Coorientadora: Profª Sigrid de Mendonça Andersen

CURITIBA
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L566 Lenhard, Luana Gabriela
Perspectivas e implicações socioambientais do
fraturamento hidráulico: gás de folhelho como *commodity* e
fonte energética na Mesorregião Oeste Paranaense /
Luana Gabriela Lenhard. - Curitiba, 2016.
121f.: il.; tab., graf.

Orientador: Carlos Henrique Coimbra Araújo
Coorientador: Sigríd de Mendonça Andersen
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e
Desenvolvimento.

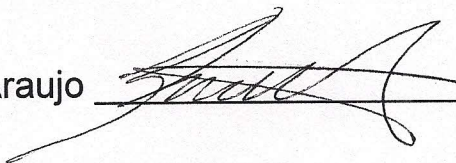
1. Biogás. 2. Fraturamento hidráulico. 3. Tecnologias energéticas.
I. Araújo, Carlos Henrique Coimbra. II. Andersen, Sigríd de
Mendonça. III. Universidade Federal do Paraná.

CDU 620.952

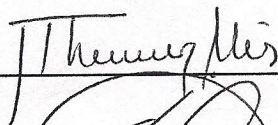
Ata da sessão pública da defesa de dissertação de mestrado para obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento nº. 31. Aos oito dias do mês de abril de dois mil e dezesseis, às 09h00 na Sede do Programa de Pós Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Federal do Paraná - Setor de Ciências Agrárias foram instalados os trabalhos da Banca Examinadora, constituída pelos professores doutores: Carlos Henrique Coimbra Araujo (orientador-UFPR/PPGMADE), José Thomaz Mendes Filho (UFPR), Eloy Fassi Casagrande Junior (UTFPR), para arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pela candidata **Luana Gabriela Lenhard** intitulada "*Perspectivas e implicações socioambientais do fraturamento hidráulico: gás de folhelho como commodity e fonte energética na mesorregião oeste paranaense*". A sessão foi presidida pelo Professor Carlos Henrique Coimbra Araujo. Foi concedida a palavra a mestranda conferindo-lhe 60 minutos para exposição de seu trabalho. Concluída a exposição, passou-se a arguição sendo concedida a palavra a cada um dos examinadores, para realização de suas respectivas arguições tendo a mestranda tempo para suas respostas. Na sequência, o Professor Presidente retomou a palavra para as considerações finais. A banca reunida sigilosamente decidiu pela Aprovação da candidata. Em seguida, o senhor Presidente declara aprovada a mestranda, que recebeu o título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nada mais havendo a tratar encerra-se a presente sessão a qual será assinada pela Comissão Examinadora.

Curitiba, 08 de abril de 2016.

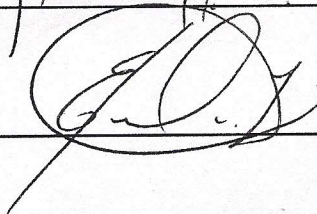
Prof. Dr. Carlos Henrique Coimbra Araujo



Prof. Dr. José Thomaz Mendes Filho



Prof. Dr. Eloy Fassi Casagrande Junior



AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força Divina para jamais desistir.

À Universidade Federal do Paraná (UFPR), por meio do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, pelo acolhimento e dedicação aos alunos.

Ao meu orientador Professor Carlos Henrique Coimbra Araújo pelo apoio, dedicação e amizade.

À minha coorientadora Professora Sigrid de Mendonça Andersen, pela ajuda e auxílio dado nesse período.

A todos os Professores pelos conhecimentos transmitidos nesses dois anos de convivência.

Ao Professor José Thomaz Mendes Filho pelas conversas e conselhos dados.

À minha família que é meu maior tesouro, por todo apoio e compreensão principalmente nos momentos de mais tensão.

Aos meus colegas pela união, risadas e conhecimentos compartilhados.

Ao meu companheiro Henrique Faber pelo carinho e paciência, junto a confiança que ajudou no fortalecimento e na persistência aos estudos.

Estamos em um momento crítico da história da Terra, numa época em que a humanidade deve escolher seu futuro. Devemos reconhecer que, no meio da uma magnífica diversidade de culturas e formas de vida, somos uma família humana e uma comunidade terrestre com um destino comum. Devemos somar forças para gerar uma sociedade sustentável global baseada no respeito pela natureza, nos direitos humanos universais, na justiça econômica e numa cultura da paz [...]. A escolha é esta: ou formar uma aliança global para cuidar da Terra e uns dos outros ou arriscar a nossa destruição e a exterminação da diversidade da vida.

(A Carta da Terra)

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo analisar, devido à necessidade de conhecimento mais completo do ponto de vista energético e socioambiental, o gás de folhelho como *commodity* na Mesorregião Oeste Paranaense. Partindo da questão de que o conhecimento em relação a técnica de fraturamento hidráulico no Brasil é ainda muito recente, não havendo um estudo prévio dos impactos relacionados à saúde, ao meio ambiente e a sociedade. Este método consiste em quebrar a rocha para possibilitar o fluxo do gás até o ponto onde ele pode ser coletado. O processo de fraturamento hidráulico para explorar hidrocarbonetos não convencionais ocorre, na maioria das vezes, em profundidades entre 1 e 5 km, às vezes em subsolo ainda mais profundo. E o volume de água utilizado neste processo pode variar de 11 a 34 milhões de litros por poço, dependendo do tamanho da área a ser explorada, a profundidade do poço e as características geológicas do local. Em relação a isso, aqui é feito um estudo baseado em casos precedentes ocorridos nos Estados Unidos, transpondo-o ao local de estudo analisado, a Mesorregião Oeste Paranaense, já que esta região foi um dos locais que tiveram seu solo leiloadado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) no dia 28 de novembro de 2013 no Rio de Janeiro. Ali foram leiloados 240 blocos no total, sendo 14 deles localizados na Mesorregião Oeste Paranaense. Em contrapartida, no presente trabalho é feita uma estimativa do potencial que poderá ser gerado nesta Mesorregião Oeste Paranaense, comparando-o com a da geração de biogás, a partir de resíduos provenientes neste caso de bovinos, suínos e galináceos. Essa produção resultou em 311.499.475.522 kWh de energia equivalente a partir da produção contínua de biogás, e somente 5.428.675.234 kWh de energia equivalente relacionada à produção contínua de gás de folhelho na Mesorregião em um período de 34 anos. A partir dos resultados gerados, analisa-se do ponto de vista energético e socioambiental, que não há necessidade de implantar uma tecnologia altamente invasiva no local, posto que há outras tecnologias energéticas menos agressivas ao meio ambiente.

Palavras-chave: Gás de folhelho. Fraturamento hidráulico. Biogás. Mesorregião Oeste Paranaense. Tecnologias energéticas.

ABSTRACT

This study aims to analyze due to more complete need for knowledge of energy and environmental point of view, the shale gas as a commodity in Paranaense West Mesoregion. Starting from the question that knowledge regarding hydraulic fracturing technique in Brazil is still very new, and there is a previous study of health-related impacts to the environment and society. This method consists in breaking rock to allow the gas flow to the point where it can be collected. The hydraulic fracturing process to explore unconventional hydrocarbons occurs most often at depths between 1 and 5 km, sometimes even deeper underground. And the volume of water used in this process may range from 11 million to 34 million liters per well, depending on the size of the area to be explored, the depth of the well and the geological characteristics of the site. In this regard, here study based on previous cases in the United States, transposing it to the analyzed study site, the Paranaense West Mesoregion, since this region was one of the places that have their land auctioned by the Oil, Natural Gas and Biofuels National Agency (ANP) on November 28, 2013 in Rio de Janeiro. There were auctioned 240 blocks in total, with 14 of them located in Paranaense West Mesoregion. In contrast, the present study is an estimate of the potential that can be generated in this Paranaense West Mesoregion, comparing it to the generation of biogas from waste, in the case of cattle, pigs and poultry. This production resulted in 311,499,475,522 kWh of energy equivalent from the continuous production of biogas, and only 5.428.675.234 kWh of energy equivalent related to the continuous production of shale gas in the Mesoregion in a period of 34 years. From the generated results, analyzing the energy and environmental point of view, there is no need to deploy a highly invasive technology in place, once there are other energy technologies less harmful to the environment.

Keywords: Shale gas. Hydraulic fracturing. Biogas. Paranaense West Mesoregion. Energy technologies.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - NÍVEIS DE CO ₂ E EMISSÕES CUMULATIVAS DE CO ₂ EM GIGATONELADAS	29
FIGURA 2- MESORREGIÃO DO OESTE PARANAENSE	31
FIGURA 3 - REPRESENTAÇÃO DO PIB DO PARANÁ	36
FIGURA 4 - PIB PER CAPITA MUNICIPAL DO PARANÁ	37
FIGURA 5 - COMPOSIÇÃO DO VALOR DA TRANSFORMAÇÃO INDUSTRIAL NO PARANÁ.....	38
FIGURA 6 - PROCESSO DE EXTRAÇÃO DO GÁS DE FOLHELHO PELA TÉCNICA DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO	40
FIGURA 7 - REPRESENTAÇÃO DE ALGUMAS ESTRUTURAS E POTENCIAIS IMPACTOS DO FRATURAMENTO HIDRÁULICO.	42
FIGURA 8 - PERCENTUAL DA COMPOSIÇÃO DOS 41 PRODUTOS USADOS NO FRATURAMENTO HIDRÁULICO PARA PRODUÇÃO DE GÁS NA PENSILVÂNIA.....	46
FIGURA 9 - PERCENTUAL DE PRODUTOS USADOS NO FRATURAMENTO HIDRÁULICO NA PENSILVÂNIA, CONTÉM QUÍMICOS DISRUPTORES ENDÓCRINOS	46
FIGURA 10-PERFIL DOS EFEITOS À SAÚDE CAUSADOS PELAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS USADAS NO FRATURAMENTO HIDRÁULICO NA PENSILVÂNIA.....	47
FIGURA 11 - BLOCOS LEILOADOS NA 12ª RODADA DE LICITAÇÕES DA ANP .	49
FIGURA 12 - POÇO DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO PRÓXIMO À RESIDÊNCIAS NA CIDADE DE SONORA, TEXAS.	53
FIGURA 13 - POÇO DE FRATURAMENTO E ESTRADA EM SPRINGVILLE TOWNSHIP, PENSILVÂNIA.	59
FIGURA 14 - ATIVIDADES DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO PRÓXIMO A WILLISTON, NORTE DE DAKOTA.....	61
FIGURA 15 - CONCENTRAÇÕES DE METANO, ETANO E PROPANO EM POÇOS DE ÁGUA POTÁVEL.....	63
FIGURA 16 - CONCENTRAÇÃO DE METANO BIOGÊNICO E TERMOGÊNICO EM ÁGUA POTÁVEL EM RELAÇÃO A DISTÂNCIA DO POÇO DE GÁS	64

FIGURA 17 -FOTO VIA SATÉLITE DE POÇOS DE PERFURAÇÃO DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO NAS PROXIMIDADES DA CIDADE DE SONORA, TEXAS.	66
FIGURA 18 - OPERAÇÃO DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO EM TROY, PENSILVÂNIA.....	67
FIGURA 19 - DISPOSIÇÃO DO FLUIDO DE FRATURAMENTO NO CENTRO DE ARKANSAS, EUA.	68
FIGURA 20 - DISTRIBUIÇÃO DAS CAUSAS DE DERRAMAMENTO RELATADOS POR PRODUTOS QUÍMICOS E FLUIDO DE FRATURAMENTO.....	68
FIGURA 21- RIO CONDAKINE, QUEENSLAND, COM PRESENÇA DE METANO.	69
FIGURA 22 - SOBREPOSIÇÃO DOS BLOCOS OFERTADOS NA 12ª RODADA DE LICITAÇÕES.....	76
FIGURA 23 - BACIAS E FORMAÇÕES DE FOLHELHO NO BRASIL.....	86
FIGURA 24 - CENÁRIO DE PRODUÇÃO DE GÁS ATÉ 2050 NOS ESTADOS UNIDOS: GÁS DE FOLHELHO, METANO EXTRAÍDO DO CARVÃO E GÁS CONVENCIONAL (GÁS SECO)	87
FIGURA 25 - PERCENTUAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS VERSUS GÁS DE FOLHELHO EM 34 ANOS	89
FIGURA 26 - BIOGÁS VERSUS GÁS DE FOLHELHO (KWH).....	90
FIGURA 27- BIOGÁS VERSUS GÁS DE FOLHELHO 2 (KWH).....	90
FIGURA 28 - BIOGÁS VERSUS GÁS DE FOLHELHO 3 (KWH).....	91

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - VALOR BRUTO NOMINAL DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (2014)	35
TABELA 2- ABATE DE ANIMAIS NO PARANÁ EM 2014	35
TABELA 3 - COMPOSIÇÃO DO FLUIDO DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO	43
TABELA 4- COMPOSIÇÃO TÍPICA DO BIOGÁS	80
TABELA 5- EQUIVALÊNCIA ENERGÉTICA DO BIOGÁS (1m ³), COMPARADA A OUTRAS FONTES DE ENERGIA	80
TABELA 6- PROPRIEDADE FÍSICAS E QUÍMICAS DO METANO	81
TABELA 7 - PRODUÇÃO ANUAL ANIMAL NA MESORREGIÃO OESTE DO PARANÁ	82
TABELA 8- POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DIFERENTES RESÍDUOS ANIMAIS	82
TABELA 9 - MÉDIA DO COEFICIENTE DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR ESPÉCIE	83
TABELA 10 - PRODUÇÃO POTENCIAL DIÁRIA E ANUAL DE BIOGÁS NA MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE	83
TABELA 11 - COMPOSIÇÃO TÍPICA DO GÁS DE FOLHELHO	84
TABELA 12 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA TÍPICA DO GÁS NATURAL	85
TABELA 13 - ESTIMATIVA DAS QUANTIDADE DE GÁS DE FOLHELHO EXISTENTES NAS BACIAS NO BRASIL	86
TABELA 14 - POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E GÁS DE FOLHELHO EM 34 ANOS	88
TABELA 15 - POTENCIAL ENERGÉTICO DE FONTES DE BIOGÁS VERSUS PRODUÇÃO DE GÁS DE FOLHELHO NA MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE EM kWh	89

LISTA DE SIGLAS

ANP	- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANA*	- Associação Americana de Enfermeiros
ANA	- Agência Nacional das Águas
ARIE	- Áreas de Relevante Interesse Ecológico
AAAS	- Avaliação Ambiental de Áreas Sedimentares
CNPE	- Conselho Nacional de Política Energética
COPEL	- Companhia Paraense de Energia
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CGID	- Coordenação Geral de Identificação e Delimitação
CGIIRC	- Coordenação Geral de Índios Isolados e Recém Contatados
DEP	- Departamento de Proteção Ambiental
DIBAP	- Diretor de Biodiversidade e Áreas Protegidas
DIRAM	- Diretoria de Controle de Recursos Ambientais
EIA*	- Administração de Informação Energética
EIA	- Estudo de Impacto Ambiental
EPA	- Agência de Proteção Ambiental
Funai	- Fundação Nacional do Índio
GTPEG	- Grupo de Trabalho Interinstitucional de Atividades de Exploração e Produção de Óleo e Gás
HVHHF	- Alto volume de fraturamento hidráulico horizontal
IAP	- Instituto Ambiental do Paraná
Iapar	- Instituto Agrônômico do Paraná
ICMBio	- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IEA	- International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)
Ipardes	- Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
MMA	- Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal
MME	- Ministério de Minas e Energia
NORM	- Ocorrência Natural de material radioativo
OEMAS	- Órgãos Estaduais de Meio Ambiente
PCH	- Pequena Central Hidrelétrica
PIB	- Produto Interno Bruto

RNCs	- Recursos Não Convencionais
RPPN	- Reservas Particulares de Patrimônio Natural
RIMA	- Relatório de Impacto Ambiental
SIN	- Sistema Interligado Nacional
TENORM	- Ocorrência de Material radioativa tecnologicamente aumentado
UC	- Unidade de Conservação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.2 OBJETIVOS	19
1.2.1 Objetivo Geral	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
1.3 METODOLOGIA	20
2 TECNOLOGIA, AMBIENTE E SOCIEDADE	23
2.1 BASE CONCEITUAL SEGUNDO REIS ET AL. (2012)	23
2.2 PROBLEMAS DECORRENTES DA VISÃO ECONÔMICA DA NATUREZA	24
3 ESPAÇO DE ESTUDO: MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE	31
3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA MESORREGIÃO OESTE DO PARANAENSE	32
3.1.1 Solo	32
3.1.2 Vegetação	33
3.1.4 Hidrografia	33
3.2 SOCIOECONOMIA	34
4 EXTRAÇÃO DO GÁS DE FOLHELHO PELO MÉTODO DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO	39
4.1 FLUIDO DE FRATURAMENTO	43
4.2 EXTRAÇÃO DE GÁS FOLHELHO NO PARANÁ	48
4.3 RESOLUÇÃO ANP Nº 21 DE, 10.4.2014 – DOU 11.4.2014	49
5 ESTUDOS DE CASOS	52
5.1 CASO 1 - “FRATURAMENTO HIDRÁULICO, AMBIENTE E SAÚDE: NOVAS PRÁTICAS DE ENERGIA PODEM AMEAÇAR A SAÚDE PÚBLICA”	52
5.2 CASO 2 - O RISCO PARA A BIODIVERSIDADE PELA FRATURAMENTO HIDRÁULICO DE GÁS DE XISTO EM <i>MARCELLUS</i> E <i>UTICA</i>	56

5.3 CASO 3 - AUMENTO DA ABUNDÂNCIA DE GÁS PERDIDO EM UM SUBCONJUNTO DOS POÇOS DE ÁGUA POTÁVEL PERTO DE EXTRAÇÃO DE GÁS DE XISTO DE <i>MARCELLUS</i>	62
5.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O FRATURAMENTO HIDRÁULICO COM BASE NOS TRÊS ESTUDOS DE CASOS	65
6 DOCUMENTOS REFERENTES AO FRATURAMENTO HIDRÁULICO NO BRASIL E NO PARANÁ	70
6.1 LEI MUNICIPAL PROMULGADA NA CIDADE DE TOLEDO (PR) E DEMAIS PROMULGADAS NOS MESMOS MOLDES	70
6.2 PEDIDO DE MEDIDA LIMINAR.....	71
6.3 PARECER TÉCNICO GTPEG	72
6.4 PARECER IAP	75
6.5 PARECER FUNAI	77
7 BIOGÁS: FONTE ENERGÉTICA ALTERNATIVA PARA A MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE	79
7.1 COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS E SEU PODER CALORÍFICO	80
7.2 ESTIMATIVA DO POTENCIAL ENERGÉTICO DO BIOGÁS NA MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE	82
8 COMPOSIÇÃO DO GÁS DE FOLHELHO E PODER CALORÍFICO	84
8.1 ESTIMATIVA DO POTENCIAL ENERGÉTICO DO GÁS DE FOLHELHO NA MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE	85
8.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS POTENCIAIS ENERGÉTICOS OBTIDOS DO BIOGÁS E GÁS DE FOLHELHO	88
9 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERÊNCIAS	94
ANEXO 1 – AÇÃO CIVIL PÚBLICA COM PEDIDO DE MEDIDA LIMINAR	99
ANEXO 2 - RESOLUÇÃO ANP Nº 21, DE 10.4.2014 - DOU 11.4.2014 ...	106

1 INTRODUÇÃO

O homem, até a Idade Média, usufruía dos recursos energéticos disponíveis na natureza por meio de técnicas e tecnologias que dominava, conseguindo satisfazer suas necessidades sem comprometer consideravelmente o meio ambiente em que vivia. No entanto, com a introdução de indústrias, aumento da produção e expansão de trocas, intensificou-se a necessidade de uso de energia térmica. Isso resultou em uma expansão da sociedade e no uso e apropriação dos recursos naturais que se fizeram, em grande parte, de forma desordenada, deixando marcas expressivas no espaço e no território (REIS et al., 2012).

Nesse viés, o crescente aumento dos problemas ambientais, junto ao esgotamento dos recursos naturais decorrentes da intensa ação antrópica aliada aos efeitos naturais, preocupa cientistas e segmentos da sociedade mais sensíveis às questões da natureza ecológica, em especial no que se refere à necessidade, e mesmo à possibilidade, de mitigação dos efeitos negativos causados ao meio ambiente.

A preservação do meio ambiente converteu-se em um dos fatores de maior influência nos anos 1990. As economias ocidentais e alguns países em desenvolvimento do leste asiático começaram a exigir uma postura dos executivos mais responsáveis, aberta e transparente para com a sociedade e o meio ambiente. Essas convicções e atitudes relativas ao lugar em que o homem ocupa no mundo natural estão profundamente entrelaçadas no tecido de nossa cultura (GUEVARA, 2009).

Diante disso inicia-se o entrelaçamento entre o desenvolvimento e a sustentabilidade, onde as teorias do desenvolvimento foram sendo permeadas pelas questões sustentáveis, mais diretamente ligadas ao que se remete à sustentabilidade ambiental, por meio do Relatório de Brundtland em 1987 e posterior consagração na Rio92 (BURSZTYN; BURSZTYN, 2013).

Na Declaração do Rio 92, um dos princípios que rege, é de que os Estados, de acordo com a Carta das Nações Unidas e com os princípios do direito internacional, têm o direito de explorar os seus recursos mediante as políticas de meio ambiente e de desenvolvimento, contudo tem a responsabilidade de assegurar que suas

atividades sob sua jurisdição não causem danos ao meio ambiente a outros Estados ou áreas além dos limites de jurisdição nacional.

Porém o que se observa é que esse desenvolvimento não está ocorrendo de maneira responsável. Visto que uma tecnologia aprimorada pelos Estados Unidos de extração de gás de folhelho, denominada fraturamento hidráulico, vem sendo questionada quanto a sua veracidade na maneira de extrair o gás, uma vez que requer milhões de litros d'água e uma quantidade absurda de compostos químicos, que são injetados no solo para se conseguir extrair o desejado gás.

O desenvolvimento deveria vir com um crescimento eficiente no caso sustentado, acompanhado de melhorias nas condições sociais e juntamente respeitando o meio ambiente. No entanto, um crescimento econômico eficiente apesar de ser uma condição necessária, muitas vezes não é suficiente para o bem estar humano, pois uma desejada distribuição de renda não implica em um crescimento econômico, são necessárias políticas públicas para evitar que se beneficie apenas uma minoria e políticas ecologicamente prudentes que estimulem o aumento da eficiência ecológica para reduzir perdas ambientais importantes (ROMEIRO, 2012).

No entanto, segundo Bursztyn e Bursztyn (2013), o conceito do que é desenvolvimento sustentável acaba por vezes tendo uma conotação utópica, pois, é difícil o entrosamento entre o setor econômico e a ecologia. O que minimamente se sabe é que o entendimento sobre a questão ambiental, apesar de vir de longa data, é uma ideia ainda em formação. Os efeitos de todo crescimento desenfreado são perceptíveis, a poluição, mudanças épicas no clima, escassez dos recursos renováveis, crescente aumento dos resíduos, perda da biodiversidade e acesso cada vez mais restrito a água potável.

Uma política ambiental eficiente segundo Romeiro (2012), “seria aquela que cria condições, por meio da precificação, para que os agentes econômicos “internalizem” os custos da degradação que provocam”. E a sustentabilidade seria em última instância, o problema de destinação intertemporal de recursos entre consumo e investimentos, fundamentada nas motivações de maximização de utilidade.

Sachs (2000) nos convida a refletir sobre o que de fato é um desenvolvimento: será que é possível um crescimento econômico que seja de fato desenvolvido? Pois se há um crescimento há custos, sociais, ambientais e humanos, então é de fato um mau desenvolvimento. Para se ter uma conservação dos recursos é necessário que haja uma estratégia de desenvolvimento viável. Sachs cita também a questão da

cultura como um mediador entre a sociedade e o meio ambiente. Pois, diferentes culturas sociais implicam em diferentes formas de vida. De forma que é ela quem determina o padrão de demanda.

É óbvio que não teremos um desenvolvimento no sentido pleno da palavra, generalizado ao conjunto da humanidade, se os países do Norte não modificarem, de uma maneira drástica, o seu estilo de vida. Não há recursos que bastem para generalizar o estilo de vida perdulário em termos de recursos do Norte ao conjunto da humanidade. Se persistirmos no modelo imitativo, vamos ter em todas as partes do mundo sociedades de APARTHEID, onde uma minoria compartilha dos recursos e uma maioria fica fora (SACHS, p.10, 2000).

Uma das alternativas para os graves problemas decorrentes da ação antrópica desordenada e que serve como mitigação para os passivos produzidos na disposição de resíduos, mas também para os efeitos em mudanças climáticas, é a introdução das chamadas energias renováveis de baixo impacto ambiental, dentre as quais, segundo a Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) (2015), destacam-se as seguintes:

(i) Bioenergia (energia da biomassa): um setor relativamente complexo, porque há muitas derivações de recursos de biomassa, podendo ser sólidos, líquidos e gasosos portadores de bioenergias, como resíduos de florestas, tratamento de madeira e as culturas alimentares dominantes; seu uso é multifacetado, pois pode ser transformado por meio de inúmeras tecnologias de conversão e aplicados nos setores residencial, comercial e industrial para aquecimento, eletricidade e transporte. Em 2014 o uso da biomassa foi de aproximadamente 16.250 TWh (58,5 EJ). Contudo desde 2000 o consumo de biomassa primária global se manteve constante, em torno de 10%.

(ii) Energia geotérmica: este setor forneceu em torno de 147 TWh na forma de energia elétrica, aquecimento direto e refrigeração. Sendo a geração de energia mundial de 74 TWh. Os países responsáveis pelas maiores gerações de energia geotérmica foram: Estados Unidos (3,5 GW), Filipinas (1,9 GW), Indonésia (1,4 GW), México (1,0 GW), Nova Zelândia (1,0 GW), Itália (0,9 GW), Islândia (0,7 GW), Quênia (0,6 GW), Japão (0,5 GW), e Turquia (0,4GW).

(iii) Hidroelétricas: energia hidrelétrica gerou em torno de 3,9TWh em 2014, incluindo cerca de 280 GW na China, seguido por Brasil (89 GW), Estados Unidos (79,2 GW), Canadá (74 GW), Rússia (47,7 GW), Índia (44,9 GW) e por fim Turquia (23,6 GW). Apesar de a indústria estar inovando cada vez mais em instalações flexíveis, confiáveis e eficientes. Este setor está respondendo aos riscos crescentes das mudanças climáticas, o que implica em uma maior investigação sobre a vulnerabilidade associada e até mesmo resiliência na concessão de projetos e operações.

(iv) Energia solar: o ano de 2014 foi mais recorde de crescimento para a geração de energia fotovoltaica, com aproximadamente 40GW de capacidade adicionada, gerou 177 GW. Tendo como os maiores produtores China, Japão e Estados Unidos, e por seguintes Reino Unido e Alemanha. Não obstante, a utilização de energia solar continuou em crescimento, tendo, ao longo do ano de 2014, quatro novos projetos que resultaram em 0,9 GW de potência, aumentando a capacidade global em 27 % para 44 GW, tendo os Estados Unidos como líder de mercado pelo segundo ano consecutivo, e a Índia como o único país a trazer nova capacidade de operação em 2014. Por sua vez a África do Sul continuou a emergir no mercado com foco e desenvolvimento na área de energia solar térmica concentrada (CSP). A energia solar para uso térmico ou refrigeração contribuiu significativamente na produção de água quente em muitos países e ganha cada vez mais espaço nas indústrias. A sua capacidade de geração de energia térmica foi de 406 GW. Em 2013 os cinco países com maiores capacidades foram a China, Turquia, Brasil, Índia e Alemanha. Já os países com maior capacidade de geração mantiveram-se a China, Estados Unidos, Alemanha, Turquia e Brasil.

(v) Energia eólica: a produção de energia eólica teve um salto de 2013 para 2014 de 44%, elevando o total de produção para 370 GW. Ao final de 2014 ao menos 74 países tinham mais de 10 MW e 24 tinham mais de 1 GW. Ásia continuou a ser o maior mercado pelo sétimo ano consecutivo, seguido pela União Europeia e América do Norte. O Brasil ficou em quarto lugar em relação aos países responsáveis pelas maiorias das instalações (REN21, 2015).

No Brasil os desafios de uma escala voltada para as fontes alternativas de energia se apresentam em níveis de intensidade proporcionais ao seu território de

dimensões continentais. Um dos desafios está relacionado ao aproveitamento energético dos recursos naturais, espalhados de forma heterogênea entre as regiões do País. Frequentemente o Brasil é reconhecido como referência na geração energética com recursos renováveis, principalmente quanto à energia hidráulica. Contudo, devido às condições hidrológicas desfavoráveis, houve redução da oferta de energia hidráulica respondendo com 65,2% da oferta interna. Consequentemente, houve queda na participação da energia renovável na matriz hidrelétrica brasileira, de 84,5% em 2012 para 74,6% em 2014. Desta forma está crescendo a dependência de outras fontes para geração de energia, como o gás natural, eólica e biocombustíveis. A participação de energia eólica alcançou em 2014 um aumento de 85,6% em relação ao ano anterior. Na produção de biodiesel verificou-se um aumento de 17,2% disponibilizado no mercado interno. Por fim a produção de etanol cresceu 3,3%. Por sua vez, a geração elétrica a partir de fontes não renováveis representou 26,9% do total nacional, contra 23,3% em 2013 (REIS et al., 2012; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), 2013; UNITED STATES, 2013; BRASIL, 2015).

No entanto, as fontes fósseis de energia continuam ganhando destaque no Brasil, como o petróleo e as perspectivas da exploração do Pré-Sal, além de outra fonte que vem sendo explorada há anos em vários países, e que vem gerando grande debate, tanto no âmbito econômico quanto no socioambiental, e cuja exploração há pouco tempo vem sendo discutida no Paraná, que é o gás de folhelho, comumente conhecido por gás de xisto.

O gás de folhelho surge com recentes avanços tecnológicos proporcionados a partir do desenvolvimento e da viabilidade de extração do gás natural de forma não convencional. Esse gás não convencional é formado em rochas de baixa porosidade de difícil acesso, requerendo tecnologias especiais para extração (GOMES, 2011). O mecanismo usado para extração deste gás é denominado fraturamento hidráulico. O fraturamento hidráulico quase sempre é executado em combinação com a tecnologia de perfuração horizontal, podendo explorar recursos retidos em ampla área (ISENMANN, 2012).

Esse mecanismo de exploração pode causar vários danos ao ambiente. Além da necessidade de grande ocupação de solo, pois demanda espaço para as plataformas de perfuração, equipamentos técnicos, armazenamento de fluidos, bem como vias de acesso para transporte, provoca intensa poluição atmosférica e sonora, com ocorrência da evaporação de substâncias nocivas para a atmosfera e intenso

fluxo de caminhões. Os recursos hídricos podem ficar comprometidos em virtude da poluição dos vários produtos químicos empregados no processo de fraturamento e águas residuais provenientes da jazida contendo metais pesados, podendo haver migração para águas subterrâneas e superficiais (CAVA, 2014).

Esse tipo de gás natural tem aumentado a sua participação na matriz energética de vários países. No Brasil as maiores consumidoras são as indústrias. Todavia, este setor tem atravessado períodos de incertezas quanto a sua disponibilidade, preços e acesso. Nos Estados Unidos, com o início da exploração do gás de xisto, introduziram-se novos parâmetros para o gás, passando a desvinculá-lo do petróleo, já que a sua oferta passou a ser maior (GOMES, 2011).

Em face do exposto, alguns questionamentos podem ser feitos: Há alguma legislação, ou documentos que regulamentam o processo de extração por meio de fraturamento hidráulico no Brasil? Existem casos ao redor do mundo que evidenciam problemas socioambientais relacionados ao método de fraturamento hidráulico? Quais são os compostos químicos usados no processo de extração do gás de folhelho? Esses gases são prejudiciais ao ambiente, à sociedade e à saúde? Quais impactos diretos serão causados à Mesorregião Oeste Paranaense, com a implantação do método de fraturamento hidráulico? O Paraná tem outras opções de fontes energéticas renováveis que poderiam ser implantadas para substituir o gás de folhelho?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar, em detrimento a necessidade de maior conhecimento do ponto de vista energético e socioambiental, o gás de folhelho como *commodity* na Mesorregião Oeste Paranaense.

1.2.2 Objetivos Específicos

- I. Analisar, do ponto de vista socioambiental, estudos de caso precedentes de países que já inseriram o gás de folhelho na sua matriz energética;
- II. Estudar qualitativamente a composição química do gás de folhelho e o potencial energético do bloco do Paraná;
- III. Relacionar a exploração de gás de folhelho com os possíveis impactos sociais e ambientais na Mesorregião Oeste Paranaense e as possíveis alternativas energéticas renováveis.

1.3 METODOLOGIA

Partindo do princípio de que a finalidade da ciência é a busca do conhecimento e o método é o caminho para se alcançar determinado fim, podemos assim dizer que o método científico é um conjunto de procedimentos adotados com o propósito de se obter o conhecimento (PRODANOV; FREITAS, 2013).

O primeiro passo de uma pesquisa científica é o levantamento de dados, que pode ser por uma pesquisa documental e pesquisa bibliográfica. Sendo a pesquisa documental aquela advinda de documentos escritos ou não, denominada de fontes primárias. Por sua vez a pesquisa bibliográfica, são fonte secundárias que abrange toda bibliográfica tornada pública, que vai desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses e outros, até meios de comunicação orais e audiovisuais. Isso faz com que o pesquisador tenha contato direto com tudo o que já foi escrito, dito ou filmado sobre o assunto (MARCONI; LAKATOS, 2003).

A bibliográfica oferece meios para definir, resolver, não somente problemas já conhecidos, como também explorar novas áreas onde os problemas não se cristalizaram suficientemente e tem por objetivo permitir ao cientista o reforço paralelo na análise de suas pesquisas ou manipulação de suas informações (MANZO¹ (1971), TRUJILLO² (1974) apud MARCONI; LAKATOS (2003).

¹ MANZO, Abelardo J. Manual para la preparación de monografías: una guía para presentar informes y tesis. Buenos Aires: Humanitas, 1971.

² TRUJILLO FERRARI, Alfonso. Metodologia da ciência. 3. ed. Rio de Janeiro: Kennedy, 1974.

É uma maneira de propiciar o exame de um tema sob um novo enfoque e chegar a conclusões inovadoras.

Desta forma, a pesquisa sob o ponto de vista da natureza se dará de forma básica, com o objetivo de gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista. Envolve verdades e interesses universais. E do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa será exploratória: quando a pesquisa se encontra na fase preliminar, tem como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto a investigar, possibilitando sua definição e seu delineamento, isto é, facilitar a delimitação do tema da pesquisa; orientar a fixação dos objetivos e a formulação das hipóteses ou descobrir um novo tipo de enfoque para o assunto. Assume, em geral, as formas de pesquisas bibliográficas e estudos de caso. A pesquisa exploratória possui planejamento flexível, o que permite o estudo do tema sob diversos ângulos e aspectos. Em geral, envolve: - levantamento bibliográfico; - entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; - análise de exemplos que estimulem a compreensão (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Em vista do pouco conhecimento técnico e socioambiental decorrente da exploração do gás de folhelho no Brasil e se tratando de uma tecnologia contemporânea, advinda dos Estados Unidos que possibilitou a exploração do gás não convencional, a pesquisa se propôs relatar casos advindos desse método de exploração e suas implicações ao ambiente e a sociedade. Visto que o Programa de Pós-Graduação em Meio ambiente e Desenvolvimento, avalia sobre um âmbito social e ambiental as mais diversas relações do homem-natureza. Desta forma, a proposta metodológica se deu da seguinte forma.

- a) Levantamento de estudos de casos precedentes com foco no aspecto socioambiental. Alguns estudos de casos de outros países podem ser listados: fraturamento hidráulico, ambiente e saúde: novas práticas de energia podem ameaçar a saúde pública; o risco para a biodiversidade pela fraturamento hidráulico de gás de xisto em *Marcellus* e *Utica* e aumento da abundância de gás perdido em um subconjunto dos poços de água potável perto de extração de gás de xisto de *Marcellus*.
- b) Avaliação de documentos, legislações e ações civis sobre o tema fraturamento hidráulico no Brasil (parecer técnico GTPEG Nº 3/2013 –

portaria MMA Nº 218/2012; Ministério Público Federal, Ação civil com pedido de liminar; Parecer Técnico IAP; Parecer Técnico FUNAI).

- c) Estudo qualitativo da composição química do gás de folhelho e o potencial energético do bloco do Paraná. A partir do volume produzido e das propriedades químicas do mesmo. Será exposta a composição química básica do gás de xisto bem como do material usada no processo de fraturamento (fluido). Alguns aspectos econômicos serão abordados por completeza.
- d) Com base nos estudos de casos que elenca os principais impactos socioambientais de casos precedentes consideram-se esses impactos diante das condições geográficas socioeconômicas e ambientais do Paraná.

2 TECNOLOGIA, AMBIENTE E SOCIEDADE

2.1 BASE CONCEITUAL SEGUNDO REIS ET AL. (2012)

A energia é um dos vetores básicos da infraestrutura necessária para o desenvolvimento humano, do ponto de vista global, regional ou até de uma pequena comunidade isolada. Esses autores lembram que na Era caçadora (em torno de 100 mil anos até meados do séc. XVIII da nossa era) o recurso energético mais explorado pelo homem foi a madeira, com a descoberta do fogo. De início empregado para obtenção de calor para cozimento dos alimentos e aquecer habitações, mais tarde passou a ser usado como fonte térmica na obtenção do carvão vegetal, e como combustível em indústrias de refino e de utensílios de metal, cerâmicas, tinturaria e outras. Contudo, até o século XVII, a população era relativamente pequena e o consumo *per capita* modesto, sendo possível haver um equilíbrio entre fontes de energia renováveis (madeira, rodas d'água, forças humana e animal) e a demanda de energia. Com os avanços da mecânica provocou-se uma aceleração no desenvolvimento econômico, com intensificação das atividades agrícolas e comerciais, urbanização e crescimento demográfico.

Amadeira que até então era a única fonte energética para suprir as novas necessidades de energia passou a tornar-se escassa em algumas regiões da Europa Ocidental. Necessitou-se, então, de exploração em locais mais distantes, provocando aumento de preço. No entanto, com as novas leis ambientais que proibiram o desmatamento em determinadas regiões, fez-se necessária a busca por um substituto, sendo de imediato escolhido o carvão mineral, primeiro recurso fóssil a ser explorado de forma maciça pelo homem. Seu uso em larga escala, em meados do século XVIII, veio acompanhado do melhoramento da sofisticação das máquinas a vapor. Contudo a taxa de elevação do consumo energético já não acompanhava mais proporcionalmente o crescimento populacional.

Com o crescimento industrial, das cidades e do comércio, ao final do século XIX o carvão mineral respondia por 53% no consumo de energia primária total. Ainda no século XIX a exploração do petróleo já havia sido iniciada. Em pouco tempo os avanços da tecnologia de perfuração, refino e o impulso da indústria automobilística fizeram com que esse recurso energético tomasse a dianteira. A descoberta do gás

natural ocorreu ainda na antiguidade, mas sua difusão só ocorreu depois da descoberta do petróleo. No início do século XX o gás natural já estava sendo usado nos Estados Unidos na produção de eletricidade. As descobertas no campo da eletricidade foram ganhando espaço, de forma a atender às novas necessidades.

No início do século XX, a energia elétrica era produzida por usinas termelétricas, com turbinas a vapor, e por usinas hidrelétricas, com turbinas hidráulicas. Apesar de as fontes energéticas terem-se sucedido, nenhuma substituiu integralmente a outra, tendo cada uma delas uma parcela no mercado, umas com maior ou menor participação, dependendo das suas disponibilidades, preços, políticas governamentais e leis ambientais (REIS et al, 2012).

O ambiente está em constante mudança devido às suas “causas naturais”, das quais temos pouco controle. São elas: estações do ano, inclinação da Terra, manchas solares, terremotos, erupções vulcânicas, furacões, inundações e queimadas. O ser humano tem mostrado resistência às mudanças no meio ambiente, adaptando-se bem às mudanças do clima. Essas mudanças naturais ocorreram lentamente durante longos períodos de tempo. No entanto, depois da Revolução Industrial no final do século XVIII e principalmente no século XX, a ação antrópica tornou-se bastante evidente, em virtude do aumento populacional e de grande aumento no consumo pessoal, principalmente em países desenvolvidos. Essas mudanças ambientais ocasionadas pelo homem são caracterizadas por ocorrerem em um curto período de tempo. Isso acabou resultando em outros problemas e áreas de interesse de ambientalistas como objeto de estudo e preocupação: poluição do ar, chuva ácida, diminuição da camada de ozônio, aquecimento e mudança do clima pelo efeito estufa, disponibilidade e qualidade de água doce, degradação costeira e marinha, desmatamento e desertificação, resíduos tóxicos, químicos e perigosos.

2.2 PROBLEMAS DECORRENTES DA VISÃO ECONÔMICA DA NATUREZA

A grande maioria desses problemas tem como causas o aumento populacional, crescimento e mudança de padrões das indústrias, transporte, agricultura e até mesmo o turismo. No entanto, não se pode deixar de mencionar que a energia está na raiz de muitas dessas causas, visto que, poluição do ar, chuva ácida, efeito estufa e mudanças climáticas são ocasionados por queima dos combustíveis fósseis e uso do transporte urbano. A desertificação e desmatamento se fazem pelo

uso abusivo da madeira e venda ilegal. Algumas vezes a energia não desempenha papel dominante, mas apresenta-se de forma indireta, como nos casos da degradação costeira e marinha, em parte, pelos vazamentos de petróleo. Explicitamente, pode-se relacionar os problemas ambientais citados com a produção energética da seguinte forma (GOLDEMBERG, 2001):

- Poluição do ar: um dos problemas mais visíveis da civilização tendo como os cinco principais poluentes óxido de enxofre (SO_x); óxido de nitrogênio (NO_x); dióxido de carbono (CO_2); metano (CH_4); monóxido de carbono (CO); matéria particulada suspensa e ozônio (O_3). Estes estão associados à queima de carvão mineral, gás natural, madeira e petróleo. Os sistemas energéticos respondem como principal emissor de dióxido de enxofre, sendo equivalente a 90% de todas as emissões. A emissão desses poluentes pode causar várias doenças, como bronquites, asma, rinite alérgica e outras doenças respiratórias e cardíacas.
- Chuva ácida: efeito causado pela associação da água com os poluentes presentes na atmosfera, como os gases citados anteriormente, formando o ácido sulfúrico (H_2SO_4) e o ácido nítrico (HNO_3). As chuvas ácidas podem acontecer longe das fontes primárias de poluição, tornando-se um problema regional que atravessa fronteiras nacionais. Conhecidos por precipitação seca, esses ácidos têm efeitos negativos na vegetação e estruturas (prédios, monumentos). E ao serem dissolvidos na chuva e levados pelos lençóis e rios, são conhecidos por precipitação úmida. No entanto, a presença natural de óxido de S e N advindo de erupções vulcânicas, queima da biomassa, iluminação, quando uniformemente espalhado não gera precipitações significativas. O que de fato é significativo são os fluxos de origem antrópica porque se concentram em regiões industriais.
- Efeito estufa e mudanças climáticas: uma pequena porção da radiação solar que atravessa a atmosfera é refletida de volta ao espaço. No entanto, a atmosfera apresenta gases que não são transparentes a radiação térmica, e quando ocorre uma modificação na radiação térmica emitida pela superfície da Terra causada pelo aumento na concentração dos gases de efeito estufa, a atmosfera acaba ficando mais quente do que se estivesse na ausência desses gases. O efeito estufa é um processo natural que permite manter uma temperatura adequada para a manutenção da

existência biológica. Contudo com o aumento da emissão de gases, principalmente pela queima de combustíveis fósseis, esse efeito é amplificado.

- Desmatamento e desertificação: as florestas vêm sendo devastadas há centenas de anos. Com isso, boa parte das florestas estão ameaçadas. Inúmeros são os fatores que ocasionam essas destruições: poluição do ar, urbanização, projetos hidrelétricos, queimadas, expansão da agricultura, exploração de produtos naturais, práticas agrícolas inadequadas, queimadas, bem como o desflorestamento. Essa prática, além de emitir dióxido de carbono, ao mesmo tempo reduz a quantidade de água evaporada pelo solo e da transpiração das plantas, influenciando no ciclo das chuvas e no aquecimento global, já que ocorre a diminuição da absorção do carbono pelas plantas.
- A degradação marinha e costeira, bem como a de rios e lagos, ocorre devido à disposição incorreta de materiais poluentes: esgotos sanitários e industriais que são descarregados nos cursos de água, respondendo por 75% dessa degradação, além da contaminação por vazamentos oriundos das navegações, extração de petróleo e mineração. Os alagamentos provocados em áreas agricultáveis, ou de valor histórico-cultural e biológico, é resultado da construção de barragens e ou reservatórios para fins de navegação, irrigação, geração de eletricidade e lazer. Para implantação de hidrelétrica, o alagamento causa alteração nos ecossistemas, erosão das margens dos lagos, alterações nos lençóis e nos cursos dos rios, emissão de metano em virtude da decomposição da madeira submersa, bem como a grande perda da biodiversidade daquele local; isso além dos impactos sociais, em vista da necessidade do reassentamento das populações atingidas (GOLDEMBERG, 2001; REIS et al., 2012).

Para Branco (2002), o progresso que a Humanidade observou nos últimos cem anos foi superior a todo o progresso observado nos cinquenta séculos de história conhecida da Humanidade. Pergunta-se, entretanto, se o emprego sobre essas forças da natureza reflete no desequilíbrio do nosso meio ambiente. Ressalta-se que a Revolução Industrial transformou a espécie humana de *Homo sapiens*, em uma nova espécie, o “homem energético”. Essa espécie, graças ao uso que faz dos recursos da natureza, conseguiu conquistar espaços externos ao seu próprio mundo, mas, por outro lado, está cada vez mais dependente da energia. Visto que, a energia pode direcionar o desenvolvimento das sociedades e, ao mesmo tempo em que proporciona a tecnologia e o desenvolvimento, esse controle sobre as formas de energia deu ao

homem um poder sobre a Natureza: o de construir e destruir. Ressalta-se que a Natureza é pródiga em recursos, mas não é inesgotável. Esta oferece seus preciosos recursos materiais e energéticos e se soubermos reconhecer seus limites e aceitar apenas aquilo que não causa desgastes, poderemos contar com esses recursos para sempre, porém, se extrairmos mais do que ela pode nos doar, provocaremos a cessação de todos aqueles benefícios que nos são indispensáveis.

Guevara (2009), por sua vez, aponta que os avanços na tecnologia de informação e comunicação permitiram o funcionamento de uma sociedade em rede, ocorrendo a troca de informações em nível local mundial, que poderá contribuir com o despertar de uma consciência planetária, onde a busca por dar sentido à vida deverá tornar-se cada vez mais iminente. Para tanto, tornar-se-á necessária a busca por soluções inovadoras tanto no campo científico-tecnológico como nas áreas sociocultural e de relação institucional e organizacional; isto em um contexto de verdadeira solidariedade humana, de respeito, cuidado e integração com a natureza.

Vive-se, na atualidade, um momento da história em que a humanidade está assumindo um papel cada vez mais ativo, e isso se dá pelos avanços da ciência, da tecnologia e do desenvolvimento social. Em contrapartida, à nossa frente se mostra um panorama inevitável e de irreversível colapso ambiental, fruto não só da falta de conhecimento, mas decorrente de deficiências estruturais governamentais tanto em nível global como local (GUEVARA, 2009).

De maneira que os princípios que regem o padrão de desenvolvimento presente na sociedade atual dão exagerada ênfase ao crescimento econômico, o que implica em uma exploração descontrolada dos recursos naturais, no uso de tecnologias de larga escala e no consumo desenfreado, cujos resultados apresentam fortes aspectos ecologicamente predatórios, socialmente perversos e politicamente injustos. É necessário rever os sistemas de produção, quanto à escolha, ao gerenciamento e à utilização dos recursos naturais, bem como quanto ao processo de inovação tecnológica. Para isso se faz necessário um contexto amplo no qual aspectos sociais, econômicos e políticos devem ser revistos para que as soluções ambientais sejam vistas. Para tanto, um desafio imposto pelo desenvolvimento sustentável é a necessidade de uma visão integrada e multidisciplinar. Aceitar a multidisciplinaridade, muitas vezes, significa desmontar seu altar, ouvir críticas, conviver com a desmistificação de certas ideias corporativas que de tanto serem reforçadas em seus encontros intramuros, já fazem parte do próprio hábito da vida.

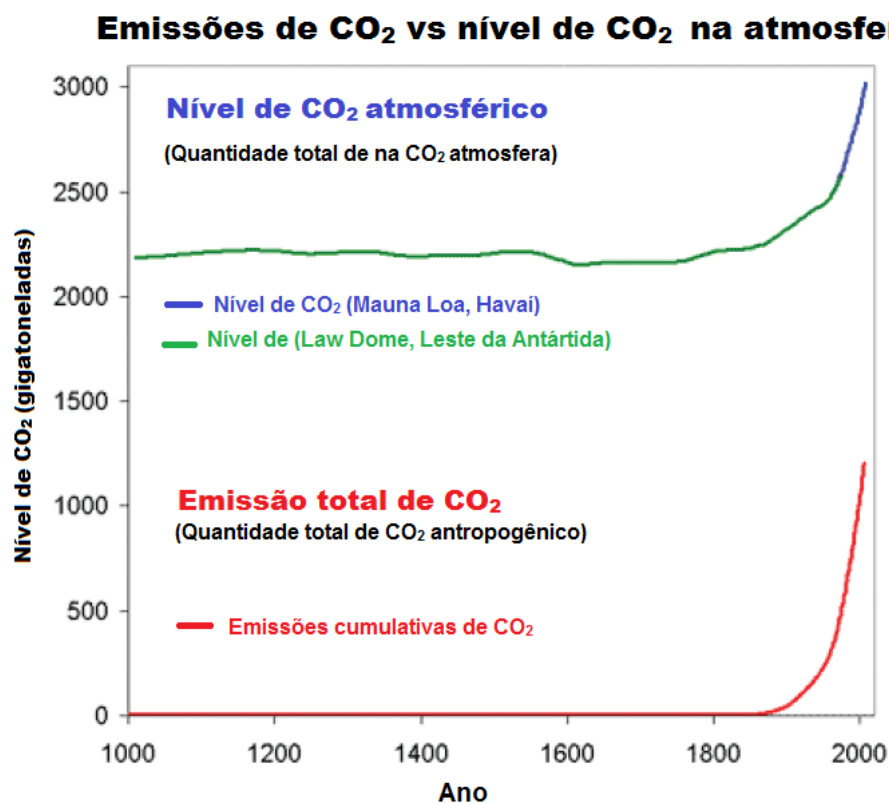
Considera-se importante essa abertura da discussão multidisciplinar, a transparência e a busca de uma linguagem simples para a disseminação daquelas informações básicas necessárias para melhor interação e integração (REIS et al., 2012).

Seguindo esse pensamento Philippi Jr. (2000) coloca a necessidade de se estabelecer novos métodos para o conhecimento das questões ambientais. Isso faz com que sejam fixadas as bases que deverão provocar mudanças e transformações nas pesquisas científicas e tecnológicas. Visto que, a natureza estando marcada pelas ações humanas predatórias, é vital que se encontrem meios de diminuir ou minimizar os impactos, interferindo nas bases dos processos industriais que ainda desprezam as consequências de suas linhas de produção. No entanto se percebe que neste campo científico-tecnológico montado sob as bases disciplinares perdem força quando se trata de equacionar problemas de poluição e degradação ambiental, pois, ainda são escassas as pesquisas e ensino com equipes multidisciplinares.

As bases para uma sustentabilidade de produção e do consumo energético devem se apoiar em algumas disposições como investimentos para aproveitamento do gás metano, e incentivo ao uso de fontes de energia renováveis: biodiesel, etanol, eólica, solar térmica e fotovoltaica, geotérmica, biogás, dendroenergia (isto é, energia proveniente de recursos florestais), pequenas centrais hidroelétricas (PCHs), dentre outras. Enquanto o ecossistema não for entendido, nem mesmo reconhecido ou apreciado como um sistema, enquanto a terra e seus rios forem considerados muito vastos para serem danificados pelas escolhas humanas voluntárias, não existirá ética ambiental (GUEVARA, 2009).

O que se evidencia é que nos últimos 100 a 150 anos o ritmo com que a temperatura começou a subir está muito maior do que ocorria naturalmente, sendo que nas últimas está havendo um aumento de quase 0,2°C por década, um ritmo 50 vezes mais acelerado do que o ciclo natural. Cientificamente o que se tem de conhecimento mais avançado entre as anomalias de temperaturas média global com forças naturais e antropogênicas, é de que esse aumento de temperatura nos últimos 50 anos é decorrente do aumento dos gases de efeito estufa (GEE) (NOBRE, 2012).

Analisando a FIGURA 1 abaixo, observa-se o comparativo de emissões nos últimos mil anos (superior) e a semelhança com a concentração de CO₂ (inferior). Verifica-se que parte desse carbono não desaparece do sistema e permanece na atmosfera.

FIGURA 1 - NÍVEIS DE CO₂ E EMISSÕES CUMULATIVAS DE CO₂ EM GIGATONELADAS

FONTE: Nobre, 2012.

Durante a ECO-92 ou Rio-92, houve uma promessa de diminuição das emissões de CO₂. No entanto o que se viu é que até 2010 essas emissões haviam aumentado em 43%, ultrapassando 390 ppm (partes por milhão) (NOBRE, 2012).

O que Costa (2016) aponta no artigo “Mudanças climáticas versus interesses privados” é de que a indústria petrolífera detém um grande poder de influenciar o governo e outras estruturas políticas. O que é preocupante, pois desde a Conferência do Rio 92, a ação dos chamados “céticos do clima” muitos ligados a lobby das petrolíferas barraram avanços que seriam necessários para evitar a situação em que nos encontramos hoje.

Ao final de 2015, depois de 18 anos de negociações, cerca de 195 nações que integram a Convenção da ONU sobre mudanças climáticas estiveram reunidas na COP21 em Paris para mais um acordo. Foi o compromisso unânime dos países as emissões favorecendo e incentivando mudanças nas suas matrizes energéticas. Levando em conta a urgência e a importância de se agir frente as mudanças climáticas provocadas pelo homem, comprometendo-se para que o aumento de temperatura fique abaixo de 2°C. Sendo os grandes responsáveis pelo aquecimento

e mudanças climáticas o uso do petróleo e seus derivados. Para tanto reduzir ou até mesmo abolir o consumo dessa e de outros combustíveis fósseis, é crucial para a diminuição da temperatura global (COSTA, 2016).

A COP21 foi um empurrão para um novo ponto de partida. Contudo, o que foi proposto é muito vago para se conseguir impedir o aquecimento do planeta. O que implica em repensar nesse modo insustentável de produção e consumo, bem como do próprio modo de vida (COSTA, 2016).

3 ESPAÇO DE ESTUDO: MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE

FIGURA 2- MESORREGIÃO DO OESTE PARANAENSE



FONTE: IPARDES (2003).

A área territorial que compreende a Mesorregião Oeste Paranaense é de 22.864.702 km². A Mesorregião apresenta uma das maiores densidades demográficas do Paraná, com 56,27 hab. /km². Os municípios que a compõem são (FIGURA 2): Anahy, Assis Chateaubriand, Boa Vista da Aparecida, Braganey, Cafelândia, Campo Bonito, Capitão Leônidas Marques, Cascavel, Catanduvas, Céu Azul, Corbélia, Diamante do Sul, Diamante D'Oeste, Entre Rios do Oeste, Formosa do Oeste, Foz do Iguaçu, Guaíra, Guaraniaçu, Ibema, Iguatu, Iracema do Oeste, Itaipulândia, Jesuítas, Lindoeste, Marechal Cândido Rondon, Maripá, Matelândia, Medianeira, Mercedes,

Missal, Nova Aurora, Nova Santa Rosa, Ouro Verde do Oeste, Palotina, Pato Bragado, Quatro Pontes, Ramilândia, Santa Helena, Santa Lúcia, Santa Tereza do Oeste, Santa Terezinha de Itaipu, São José das Palmeiras, São Miguel do Iguaçu, São Pedro do Iguaçu, Serranópolis do Iguaçu, Terra Roxa, Toledo, Três Barras do Paraná, Tupãssi, Vera Cruz do Oeste. A Mesorregião Oeste Paranaense está subdivida em três Microrregiões: as de Foz do Iguaçu, de Cascavel e de Toledo (IPARDES, 2012).

3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA MESORREGIÃO OESTE DO PARANAENSE

3.1.1 Solo

O Estado do Paraná abrange cinco grandes regiões de paisagem: Litoral, Serra do Mar, Primeiro Planalto, Segundo Planalto e Terceiro Planalto. A Mesorregião Oeste Paranaense está localizada em sua totalidade no Terceiro Planalto, sendo constituída por derrames basálticos; apresenta paisagem uniforme, estruturada por pequenos planaltos, planalto pouco elevado, geralmente arenoso e extensas planícies do Rio Paraná.

Alterações nas rochas basálticas associadas ao clima, originou um solo do tipo terra roxa, destacando-se três tipos:

- i. latossolo roxo: se for usada ação mecanizada, são suscetíveis a erosão;
- ii. terra roxa estruturada: solos profundos, argilosos, com boa drenagem, apresentando uma elevada fertilidade natural;
- iii. litólicos: solos pouco profundos e muito suscetíveis à erosão.

A Mesorregião possui 75% da sua área predomínio de solos férteis bom e regular. Isso potencializa a produção agrícola: está ocupada, atualmente, por culturas periódicas de soja, milho e trigo e, com menor quantidade, por pastagens (IPARDES, 2003).

3.1.2 Clima

De acordo com IPARDES (2003), o clima do Estado do Paraná é considerado um dos melhores do País. Nas áreas de menor altitude da Mesorregião Oeste Paranaense, predomina o clima Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfa), que apresenta verões quentes, pouca ocorrência de geada e maiores concentrações de chuvas no

verão, com produção de 1.300 a 1.700 mm. Temperaturas em épocas mais quentes superiores a 22°C e nos meses mais frios inferiores a 18°C. Há ocorrência do clima Subtropical Mesotérmico (Cfb) ao longo do eixo da rodovia BR-277, com verões frescos e invernos com geadas severas, tendo média de temperatura nos meses mais quentes inferior a 22°C e meses mais frios inferior a 18°C, podendo chover de 1.700 a 1.800 mm.

3.1.2 Vegetação

Ao longo do tempo, o clima úmido e o solo fértil da Mesorregião Oeste Paranaense possibilitaram o desenvolvimento de exuberantes florestas que foram responsáveis pelo cobrimento de 65% de todo o território em 1960.

As florestas predominantes são a Floresta de Araucária ou Ombrófila Mista (FOM) e a Floresta Estacional semi decídua (FES). No entanto, as florestas da região correspondem apenas com 10% da cobertura vegetal do Estado, estando em quarto lugar na contribuição florestal. Entre os municípios que possuem essa maior cobertura vegetal está Céu Azul com 61 mil ha de florestas, seguido por Matelândia, com 57 mil ha de cobertura florestal e Serranópolis do Iguaçu com 41,6 mil ha.

Vale ressaltar positivamente em termos de conservação ambiental, a presença de 51 unidades de conservação, sendo 45 de proteção integral e 6 de uso sustentável, correspondendo com 232,9 mil ha que equivalem a 88% da área total de cobertura vegetal da Mesorregião. Destaca-se o Parque Nacional do Iguaçu (com sede em Foz do Iguaçu), que contempla 185,3 mil ha de florestas nativas (IPARDES, 2003).

3.1.4 Hidrografia

A Mesorregião Oeste Paranaense é caracterizada por sua grandeza hídrica, devido à presença de duas grandes bacias hidrográficas, as dos rios Paraná e Iguaçu.

O rio Paraná é o principal rio da Bacia do Paraná, que conta com a maior capacidade instalada de energia elétrica do país, como destaque para a usina hidroelétrica de Itaipu.

O rio Iguaçu nasce próximo à Serra do Mar, seguindo de leste a oeste. Seu curso é de aproximadamente 900km, dos quais 360km são navegáveis. Em parte de seu curso, delimita parte da fronteira entre os Estados do Paraná e de Santa Catarina. Tem como seus principais afluentes o rio Chopim e o rio Negro (ALMEIDA [s.d]).

Os desníveis presentes neste rio fizeram surgir um grande número de quedas d'água, tornando-o um dos mais importantes para produção geração de energia elétrica no Brasil. Ao longo do seu percurso existem cinco represas de aproveitamento hidroelétrico: Usina Governador Bento Munhoz da Rocha Neto; Usina Governador Ney Aminthas de Barros Braga; Usina Hidrelétrica de Salto Caxias; Usina Hidrelétrica de Salto Santiago; Usina Hidrelétrica de Salto Osório; Usina Hidrelétrica de Foz de Areia (ALMEIDA [s.d]).

Dois aquíferos importantes que fazem parte da Mesorregião Oeste Paranaense são os aquíferos Guarani e Serra Geral. O aquífero Guarani é composto pelas formações Piramboia e Botucatu, que são constituídas por arenitos de granulometria fina e média, apresentando um alto potencial hidrogeológico, capazes de abastecer cidades de grande porte. Por sua vez, o aquífero Serra Geral é constituído de rochas que compõem a sequência de derrames de lavas basálticas com intercalações de lentes e camadas arenosas que encobrem as formações paleozoicas da Bacia do Paraná. A presença de água subterrânea é condicionada a fraturamento e zonas vesiculares resultantes do resfriamento dos derrames basálticos, ou sofreram deformações estruturais rígidas (falhas e fraturas) intercomunicando-se e ampliando as possibilidades de armazenamento e circulação de água nessas estruturas. Este aquífero possui uma relevante importância no abastecimento de pequenas e médias cidades (ALMEIDA, [s.d.]; MENDES et al., 2002).

3.2 SOCIOECONOMIA

A Mesorregião Oeste Paranaense destaca-se pelo seu crescimento econômico contínuo, tendo como base o agronegócio que atua para a progressiva expansão da Mesorregião. Apresenta-se alta produtividade agroindustrial, com Valor Bruto Nominal da Produção Agropecuária, segundo o Instituto Paranaense de

Desenvolvimento Econômico e Social (Ipardes) (2014³), R\$ 15.918.683.045,71, que corresponde a, aproximadamente, 22,5% do referente a todo o Estado do Paraná, que é de R\$ 70.675.022.152,79 resultando em um Produto Interno Bruto *per capita* de R\$ 30.840,00, sendo que o do Estado é de R\$ 30.285,00.

Na TABELA 1, apresenta-se o Valor Bruto Nominal da Produção Agropecuária, em reais, e na TABELA 2, informações sobre o abate de animais no Estado, em milhares de toneladas, e como porcentagem da correspondente produção nacional. Em ambas as Tabelas, os dados referem-se ao ano de 2014.

TABELA 1 - VALOR BRUTO NOMINAL DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (2014)

AGROPECUÁRIA	FONTE	ANO	REGIÃO OESTE	ESTADO
Bovinos (cabeças)	IBGE	2014	1.168.133	9.181.577
Equinos (cabeças)	IBGE	2014	26.251	301.931
Galináceos (cabeças)	IBGE	2014	88.654.080	301.885.901
Ovinos (cabeças)	IBGE	2014	95.877	650.231
Suínos (cabeças)	IBGE	2014	3.540.150	6.394.330
Soja (toneladas)	IBGE	2014	3.552.912	14.913.173
Milho (toneladas)	IBGE	2014	4.387.897	15.823.241
Trigo (toneladas)	IBGE	2014	468.541	3.816.201

FONTE: IPARDES (2015).

TABELA 2- ABATE DE ANIMAIS NO PARANÁ EM 2014

TIPO DE ANIMAL	PESO TOTAL DAS CARÇAÇAS (MIL T)	PARTICIPAÇÃO PARANÁ/BRASIL (%)
AVES	3.651.564	29,18
SUÍNOS	611.183	19,14
BOVINOS	336.996	4,18

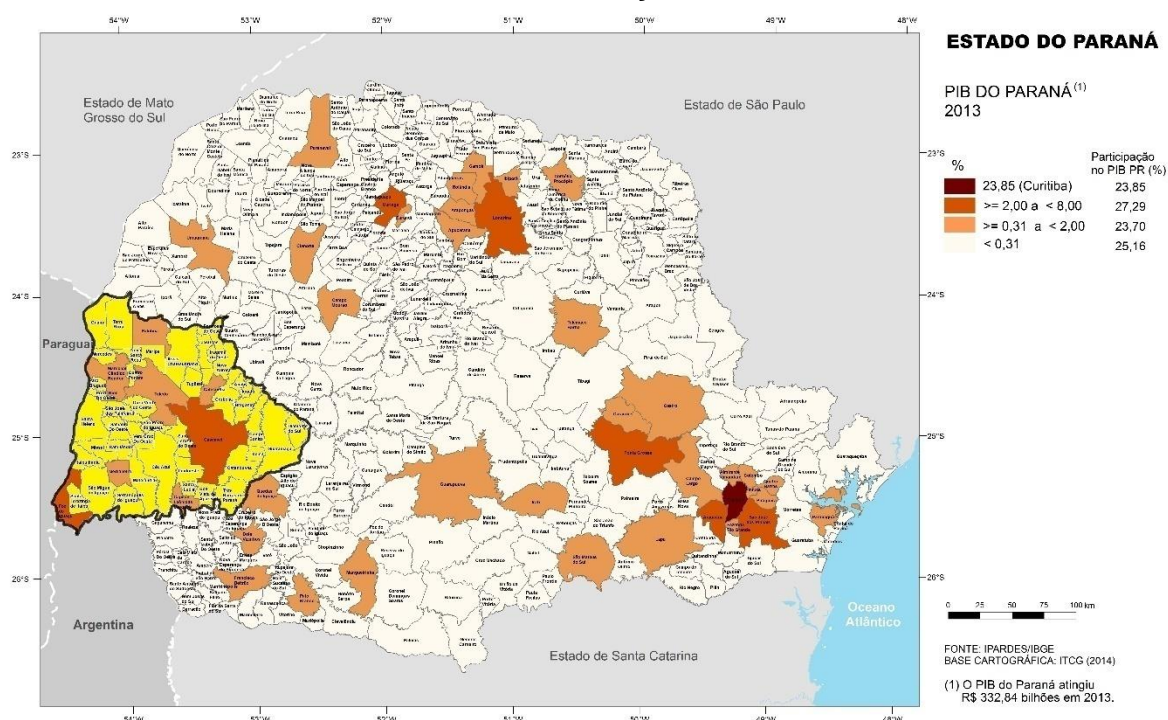
FONTE: IPARDES (2015).

O Paraná é o maior produtor nacional de grãos, com uma agenda agrícola diversificada. O uso de técnicas agrícolas avançadas aumenta a produtividade do Estado. Soja, milho, trigo e cana-de-açúcar destacam-se na estrutura produtiva, com forte melhoria em outras atividades, como a produção de frutos (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES, c2015).

³O documento menciona, como fonte, o Departamento de Economia Rural da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná, com dados de 2014.

Na FIGURA 3, observam-se os maiores intervalos de valores percentuais de contribuição dos municípios paranaenses em relação ao Produto Interno Bruto(PIB) do Paraná. Nota-se que as cidades-sede das Microrregiões que compõem a Mesorregião Oeste Paranaense apresentam um PIB elevado. As marcações em amarelo são os municípios que compõem essas Microrregiões, citados anteriormente, e cujo PIB corresponde a menos de 0,27% do PIB do Estado.

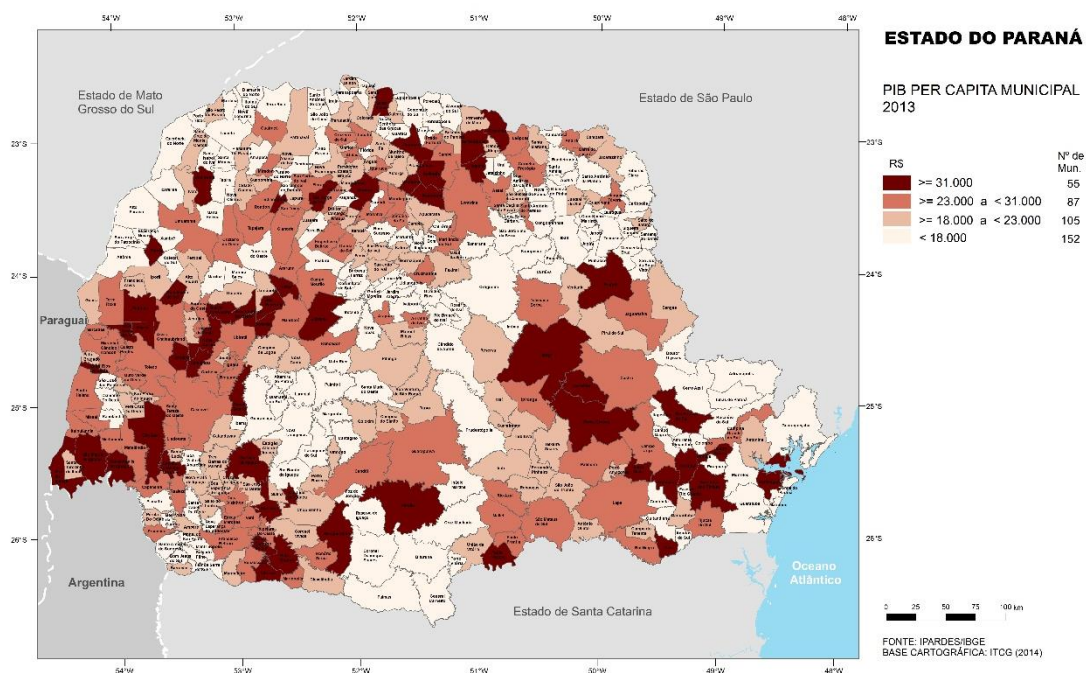
FIGURA 3 - REPRESENTAÇÃO DO PIB DO PARANÁ



FONTE: Adaptado do IPARDES (2013).

A FIGURA 4 mostra o PIB *per capita*, por intervalo de variação, correspondente a cada Município do Paraná, mostrando que a Mesorregião Oeste Paranaense apresenta PIB *per capita* relativamente elevado. Isso é explicado devido à grande participação agrícola, industrial e turística. Além da agroindústria, destacam-se a pecuária de aves, suínos, bovinos e gado leiteiro.

FIGURA 4 - PIB PER CAPITA MUNICIPAL DO PARANÁ

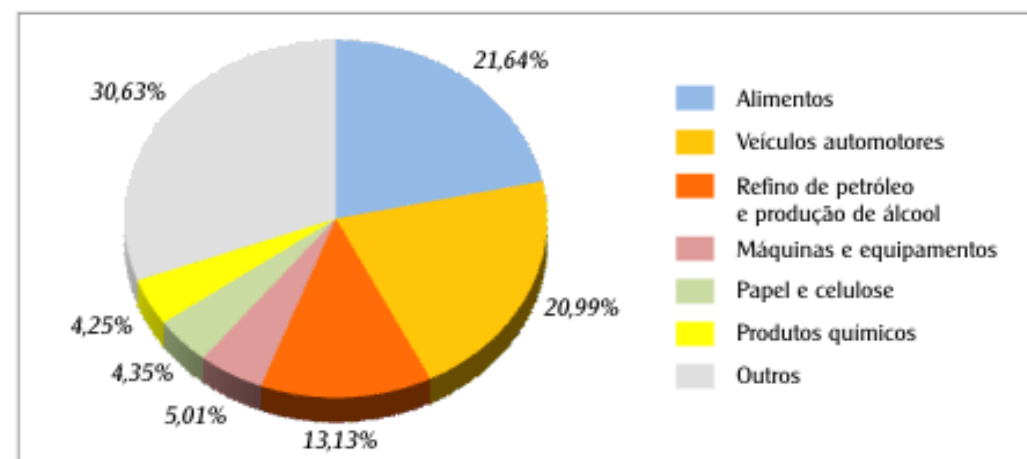


FONTE: IPARDES (2013).

A produção de carne de frango é a principal atividade na indústria da pecuária, respondendo por 29,2 % da produção total do País. Nos segmentos de carne bovina e de carne de suíno, a cota de mercado do Estado atinge 4,2% e 19,1%, respectivamente (IPARDES, c2015).

A transformação industrial no Paraná faturou R\$ 78 bilhões em 2013. O setor industrial do Estado é particularmente forte nos segmentos de alimentos FIGURA 5, veículos automotores e processamento de petróleo. Esses setores representam cerca de 54,2% da produção industrial, em valor total, que o estado acrescentou. Em 2014, o Paraná respondeu por 7,3% dos US\$ 225 bilhões em exportações brasileiras e classificada na quinta posição entre os Estados exportadores brasileiros (IPARDES, c2015).

FIGURA 5 - COMPOSIÇÃO DO VALOR DA TRANSFORMAÇÃO INDUSTRIAL NO PARANÁ



FONTE: IPARDES (c2015).

A Mesorregião Oeste Paranaense é uma região de muita riqueza, com parques ecológicos, contempla uma das 7 maravilhas do mundo, além de uma alta economia que influencia o estado inteiro.

O uso de tecnologias altamente invasivas ao solo, à água e ao meio ambiente provocará grandes consequências para a economia, para a saúde e desenvolvimento do estado.

O método de fraturamento hidráulico a ser estudado no próximo capítulo, foi implantado em várias cidades ao redor do mundo, e muitas dessas cidades tiveram sua economia afetada por essa tecnologia, pois muitos produtos não puderam mais ser comercializados e exportados. O mesmo acontecerá ao Paraná, um grande exportador de grãos e carnes, se o mesmo começar a explorar gás de folhelho pelo método de fraturamento hidráulico.

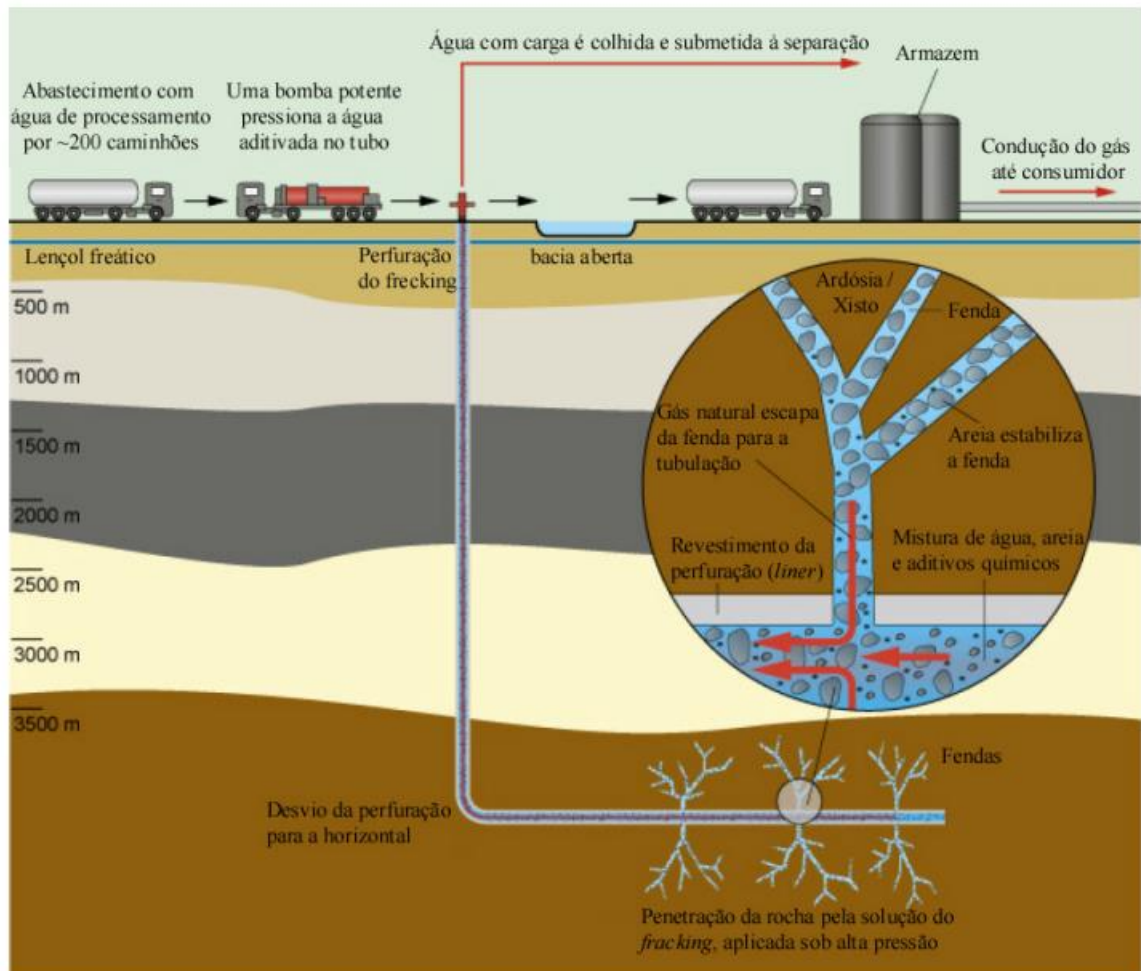
4 EXTRAÇÃO DO GÁS DE FOLHELHO PELO MÉTODO DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO

Com o intuito de maximizar a produção de hidrocarbonetos especialmente de gás natural, as indústrias petrolíferas estão investindo em uma relativamente nova tecnologia de extração e prospecção do gás natural de reservas não convencionais. Conhecido por fraturamento hidráulico, essa tecnologia teve seus primeiros relatos em 1947 nos Estados Unidos. Esta técnica permite um aumento na produtividade do poço de petróleo, podendo até dobrar sua taxa (MOUALLEM et al., 2014).

Contudo, os recursos vistos como não convencionais (RNCs), devido às suas características de armazenamento e à sua natureza, necessitam de uma tecnologia de extração mais intensivas e invasivas, aumentando os riscos de impactos ambientais e sociais. Esses recursos se encontram distribuídos no território brasileiro, sendo o gás de folhelho (*shale gas*) o recurso que apresenta maior área potencial no Brasil e que utiliza das atividades em terra (*onshore*) (BRASIL, 2014).

O gás de folhelho encontra-se armazenado entre lâminas, ou folhas, de camadas de rocha. Fazem parte deste tipo de sistema petrolífero camadas de folhelhos ricos em matéria orgânica, com permeabilidades muito baixas em estágio de adequado soterramento para geração de gás que é armazenado em três formas distintas: gás livre nos poros da rocha; gás livre em fraturas naturais; e gás adsorvido na matéria orgânica e em superfícies minerais. Neste último caso, estão as rochas geradoras que ainda retêm parte do gás nelas formado, ou seja, que não sofreu migração. Para a exploração deste gás não convencional se utiliza de uma tecnologia diferente, o método de fraturamento hidráulico (*fracking*). Este método consiste em quebrar a rocha para possibilitar o fluxo do gás até o ponto onde ele pode ser coletado. O processo de fraturamento hidráulico (FIGURA6) para explorar hidrocarbonetos não convencionais ocorre, na maioria das vezes, em profundidades entre 1 e 5 km, às vezes em subsolo ainda mais profundo. Nestes locais regem temperaturas bastante altas, de até 250 °C (CAVA, 2014; ISENMANN, 2014; LAGE et al., 2013).

FIGURA 6 - PROCESSO DE EXTRAÇÃO DO GÁS DE FOLHELHO PELA TÉCNICA DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO



FONTE: Isenmann (2014).

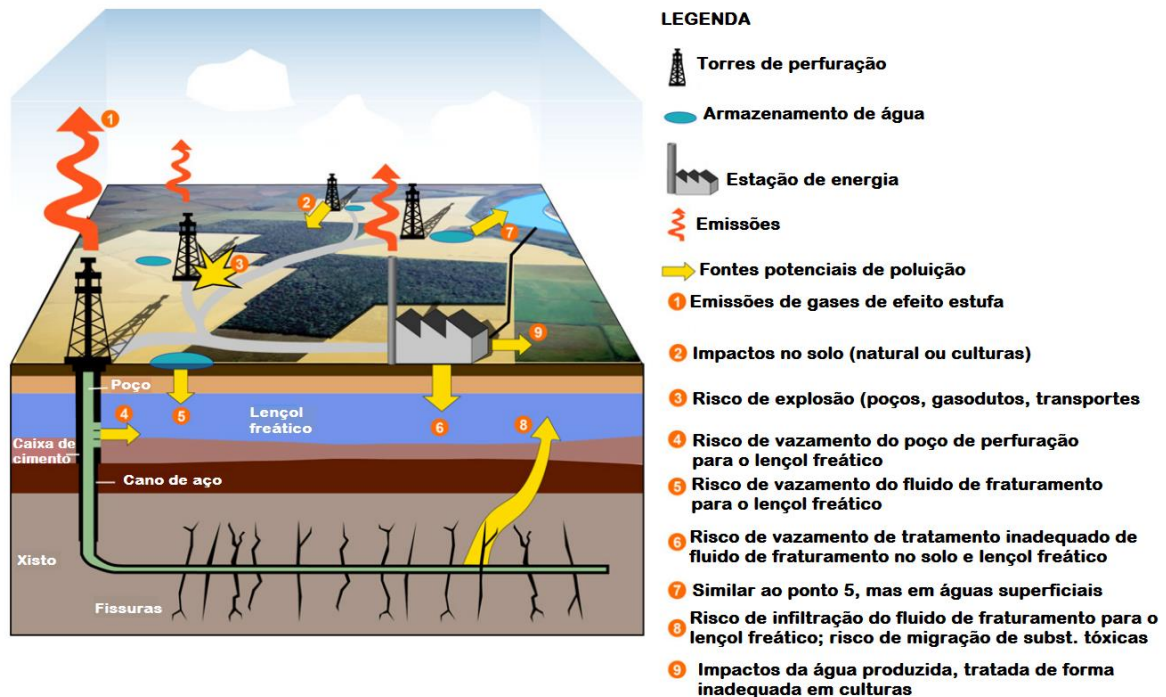
Para isso realiza-se uma perfuração direcional para adentrar nas laterais dos xistos, que consiste em uma técnica para desviar intencionalmente a trajetória para ter acesso aos espaços entre as lâminas, preparando para a extração (CORADESQUI; SANTOS, 2013). Em seguida, é injetada, através de bombeamento, e sob grande pressão, uma quantidade colossal de líquidos e areia, para fraturar a rocha. Os grãos de areia são utilizados, pois mantêm abertas as fraturas e permitem o fluxo do gás. A rocha é hidraulicamente fraturada várias vezes a cada 100 m ao longo desta extensão horizontal. Estas fraturas podem estender-se entre 150 e 250 m perpendicularmente a partir do poço horizontal e devem, em teoria, não se propagar verticalmente mais que a espessura da camada de produção de gás. O volume de água utilizado neste processo varia de 11 a 34 milhões de litros por poço, dependendo

do tamanho da área a ser explorada, a profundidade do poço e as características geológicas do local (PEDUZZIA; HARDING, 2013).

Para que a exploração de um depósito seja satisfatória se faz necessário, portanto, sempre novos furos, para que o volume produzido em hidrocarbonetos possa se manter no nível. Isto implica que, a partir de cada furo vertical, é necessário estender a perfuração por vários quilômetros na horizontal, já que a aplicação de furos verticais adicionais seria muito mais cara (ISENMANN, 2014; LAGE et al., 2013).

O método de fraturamento hidráulico vem suscitando preocupações em diversos países em consequência dos seus impactos ambientais, principalmente em relação aos recursos hídricos. Esta técnica exige um alto consumo de água, o que pode reduzir ou esgotar a disponibilidade nas fontes locais e afetar sua biodiversidade (FIGURA 7). Há também o risco de contaminação de aquíferos decorrentes de falhas na integridade do poço. Outros riscos levantados são: indução de abalos sísmicos, poluição do ar e vazamentos e derramamentos de produtos químicos e efluentes. Além disso, o líquido de fraturamento hidráulico, quando recuperado, contém, fora os aditivos e sais injetados, a água contida no sedimento profundo e uma menor parte de hidrocarbonetos que não se consegue separar completamente. Sendo assim, a água desse processo não deve ser liberada para que ocorra livremente a infiltração no solo, ou seja conduzida para um rio, pois apresenta grande toxicidade. Não menos preocupantes são os vazamentos que podem ocorrer durante as etapas de preparo, tais como a mistura de bombeamento do fluido de fraturamento hidráulico, expondo o ambiente a concentrações agudas. Para isso se faz necessário um depósito adequado, tanto das águas virgens do processo, quanto das águas usadas e/ou recuperadas. Isso resultou no repúdio à técnica por parte de diversas organizações ambientais, e também por parcela da população, que enxerga os custos ambientais, que só compensam na lógica do lucro das grandes empresas e nos interesses econômicos e políticos do País, cuja população em geral sofre com seus impactos (BRASIL, 2014; ISENMANN, 2014).

FIGURA 7 - REPRESENTAÇÃO DE ALGUMAS ESTRUTURAS E POTENCIAIS IMPACTOS DO FRATURAMENTO HIDRÁULICO.



FONTE: adaptado de Peduzzia e Harding (2013, p.91)

No que concerne à geração de gás natural, ciclo combinado, trata-se de alternativa que o Brasil deverá adotar, com vistas à produção de energia elétrica, condicionada à oferta do combustível a preços competitivos. Neste sentido, são favoráveis as perspectivas de ocorrência de reservas de gás natural em folhelhos, convencional e não convencional. Estima-se que a reserva mundial de gás de folhelho seja de 187,47 trilhões de m³ de gás, enquanto no Brasil fica em torno de 6,4 trilhões de m³. O que coloca o Brasil entre os 10 países com a maior reserva potencial de gás não convencional (LAGE et al., 2013). Assim, em 2013, rodadas de licitações de blocos exploratórios de gás natural, convencional e não convencional, foram feitas em algumas destas áreas, o que viabilizaria usinas térmicas operando próximas aos poços, com geração para o Sistema Interligado Nacional⁴(CAVA, 2014).

⁴ Sistema Interligado Nacional (SIN) é o sistema hidrotérmico de grande porte de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil. É formado por empresas do Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte do Norte. Dado que apenas 1,7% da energia requerida do País é advinda de fora do SIN. Disponível em: http://www.ons.org.br/institucional/modelo_setorial.aspx

4.1 FLUIDO DE FRATURAMENTO

Segundo Lima (2014), o fluido de fraturamento tem como objetivo propagar e manter abertas as fendas na formação de xisto de modo a que o gás nela existente seja libertado para o poço. Geralmente composto por 90% a 95% de água, 5% a 10% de areia e 0,5% a 2% de aditivos químicos. Isenmann (2014) aponta que as porcentagens indicadas parecem ser baixas, mas junto ao volume absoluto da solução são de fato muitas toneladas de substâncias químicas que são injetados nas profundezas.

Na TABELA 3 serão apresentados os aditivos químicos mais comuns usados no fluido e as aplicações desses compostos no dia-a-dia.

TABELA 3 – COMPOSIÇÃO DO FLUIDO DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO

Composto	Objetivo	Aplicação comum
Ácidos	Ajudar a dissolver os minerais e inicia a fissura na rocha (pré-fratura)	Limpeza de piscinas
Glutaraldeído	Elimina bactérias existentes na água	Desinfetante e esterilizante hospitalar
Cloreto de Sódio	Permite uma quebra retardada das correntes de polímero em gel	Sal de mesa
N, n-Dimetilformamida	Previne a corrosão do tubo	Indústria farmacêutica, acrílicos e plásticos
Sais de Borato	Mantém a viscosidade do fluido à medida que a temperatura aumenta	Detergentes, sabão e cosméticos
Poliacrilamida	Minimiza a fricção entre o fluido e o tubo	Tratamento de água
Destilados de petróleo	“Amacia” a água para minimizar a fricção	Removedores de maquiagem, laxantes e doces
Goma de guar	Engrossa a água para sustentar a areia	Espessante utilizado em cosméticos, gelados e dentífricos
Ácido cítrico	Evita a precipitação da oxidação de metais	Aditivo alimentar usado em alimentos e bebidas
Cloreto de Potássio	Cria um fluido portador de água salgada	Substituto do sal de mesa baixo teor de sódio
Bissulfito de amônio	Remove o oxigênio da água para proteger o tubo	Cosméticos, transformação de alimentos e bebidas
Carbonato de sódio ou potássio	Mantém a efetividade de outros componentes	Detergente, sabão, vidro e cerâmica
Areia ou Cerâmica	Permite que as fissuras se mantenham abertas para liberar o gás	Filtração de águas
Etilenoglicol	Evita incrustações na tubulação	Anticongelante, produtos de limpeza
Isopropanol	Utilizado para aumentar a viscosidade do fluido de fraturação hidráulica	Limpador de vidro, tinta de cabelo

FONTE: Lima (2014).

Para manter os poros abertos uma vez feito, não obstruindo a saída do recurso a ser explorado, neste caso o gás (ISENMANN, 2012).

- i. Usa-se areia (SiO_2), numa concentração de 20 a 50 kg por m^3 de solução. Menos usados são cacos de cerâmica e alumina. Na fase líquida aplica-se em torno de 0,5% de base de gel. Servindo para aumentar a viscosidade da água, para que o agente de esteio possa ser transportado.
- ii. Se o gel não for acrescentado a água banhará os grãos e não irá transportá-los, os mais usados para este fim são biopolímeros, tais como polisacarídeos, goma guar ou goma xantana⁵, mas também polímeros sintéticos hidrossolúveis, tais como poliacrilamida ou copolímero de acrilamida-co-arilato de sódio. Servem também para reduzir a fricção do líquido de fraturamento hidráulico e assim o desgaste na bomba.
- iii. O ácido clorídrico é usado para dissolver os minerais e aumentar os (micro-) rasgos no sedimento profundo, geralmente numa concentração típica de 0,07% em volume, em relação à parte líquida do fluido de fraturamento hidráulico.
- iv. Junto ao ácido corrosivo devem ser injetados inibidores de corrosão, geralmente numa concentração de 0,05% em relação ao volume total da solução. Se aplicam em primeira linha ácido fórmico ou acetaldeído, mas também pode ser usado isopropanol e metanol, para tentar assim proteger a maquinaria e a tubulação de aço.
- v. Cerca de 0,034% do volume total do fluido de fraturamento hidráulico são aditivos que reduzem os efeitos negativos de partículas de barro dentro da tubulação horizontal que soltam do sedimento e sejam transportadas e acabam entupindo a tubulação. Os agentes mais indicados que opõem estes processos são o cloreto de colina, cloreto de tetrametilamônio e até cloreto de sódio.
- vi. Para manter a viscosidade da solução, mesmo submetidas a elevadas temperaturas, usa-se em média 0,032% de ácido bórico, borax e outros sais boratos mas também sais complexos de zircônio; hidroxilacetato de sódio e zircônio, ou tiosulfato de sódio.

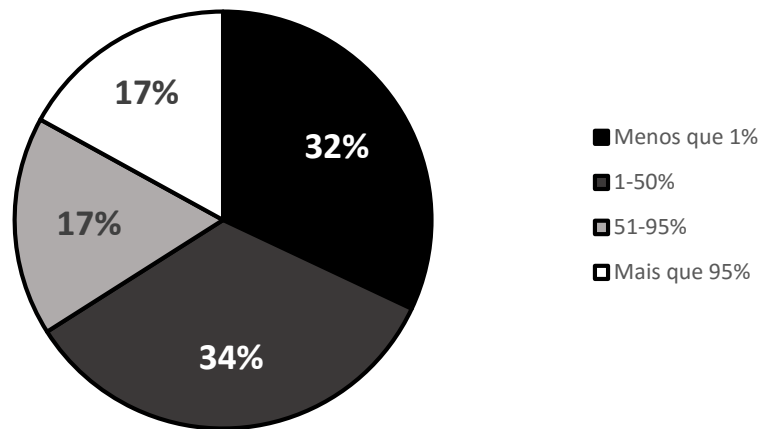
⁵Goma guar é o nome que foi dado a uma fibra retirada do endosperma da planta *Cyamopsis tetragonolobus* (L.) Taub, 1894. Ela é utilizada na alimentação, tanto humana quanto animal. Atua como um espessante comum que melhora a consistência dos alimentos processados e é também utilizada em cosméticos e medicamentos. Disponível em: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/62/2553-goma-guar-xantana-indiana-o-que-e-beneficios-alimentos-artrose-espessante-fibras-shakes-cartilagem-articulacoes-receitas-saude-paese-bolos-massas.html>

- vii. Ocorre a adição de 0,023% do volume total de fosfonatos para que se previne crostas duras no interior da tubulação e nas hastes de perfuração.
- viii. Aplica-se logo após o transporte e depósito de areia para as fendas do sedimento, os quebradores de rede para destruir as ramificações do gel e assim dissolvê-lo. Se não houver a diluição do gel, dificulta-se a retirada dos hidrocarbonetos. Para esta etapa, utiliza-se o cloreto de sódio e o cloreto de cálcio para estabilizar o gel, o oposto pode ser provocado com peroxodissulfato de amônio, peróxido de magnésio ou óxido de magnésio. Estes últimos fazem com que a estrutura tridimensional do gel quebre aos poucos, aumentando assim a fluidez do líquido. As concentrações usuais são em torno de 0,02% do volume total (ISENMANN, 2014).

Apesar das concentrações baixas, uma pequena quantidade da água utilizada neste processo pode ser purificada ou reciclada de maneira economicamente viável.

A organização sem fins lucrativos TEDX (The Endocrine Disrupton Exchange), dos Estados Unidos, recebeu em 2008 uma lista de produtos e químicos indicados para uso em fraturamento hidráulico em poços de gás natural na Bacia *Marcellus*, na Pensilvânia. A lista continha 41 produtos e 63 substâncias químicas. Menos de 1% da composição total era conhecida de 13 (32%) dos 41 produtos do diagrama (FIGURA 8). Menos de 50% da composição era conhecido por 14 (34%) dos produtos, e entre 51% e 95% da composição é conhecido por 7 (17%) dos produtos. Sete (17%) dos produtos têm informações sobre mais de 95% da sua composição completa.

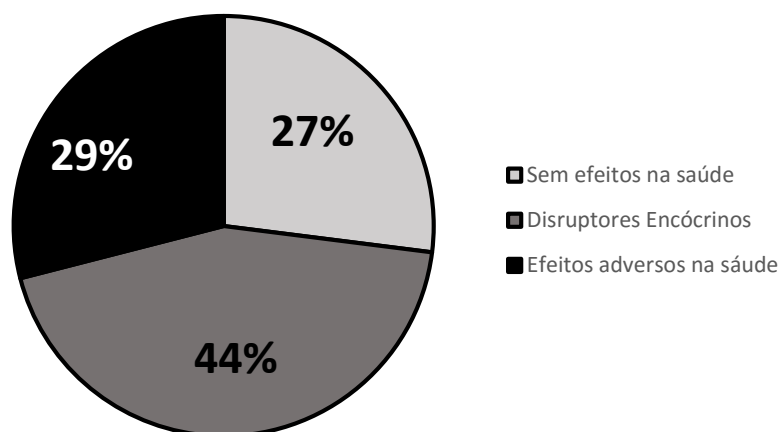
FIGURA 8 - PERCENTUAL DA COMPOSIÇÃO DOS 41 PRODUTOS USADOS NO FRATURAMENTO HIDRÁULICO PARA PRODUÇÃO DE GÁS NA PENSILVÂNIA



FONTE: TEDX (2009).

Ainda segundo TEDX (2009) 44% dos produtos analisados contém um ou mais químicos considerados prejudiciais ao sistema endócrino, químicos que irão interferir no desenvolvimento e função endócrina (FIGURA 9).

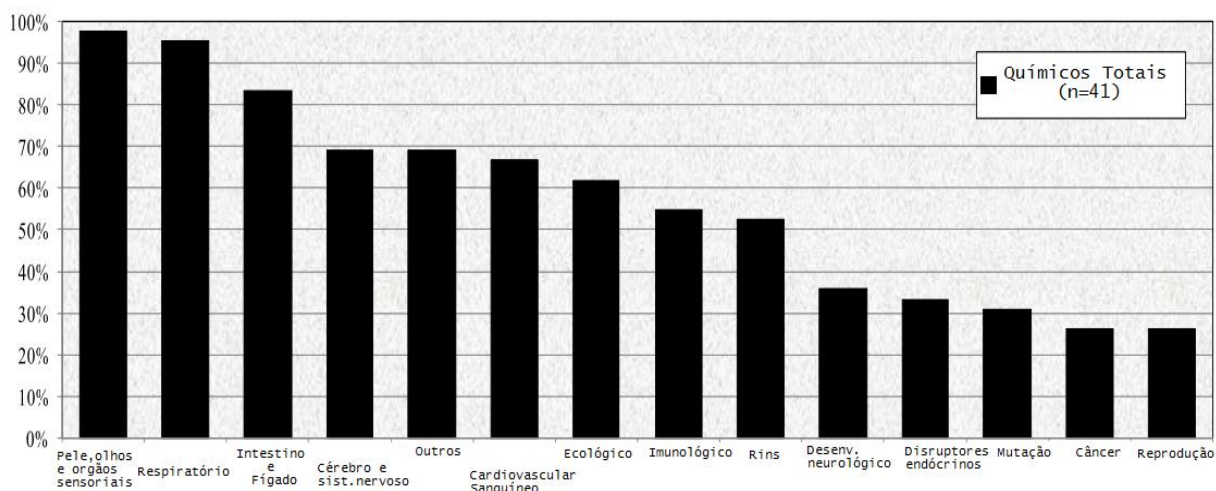
FIGURA 9 - PERCENTUAL DE PRODUTOS USADOS NO FRATURAMENTO HIDRÁULICO NA PENSILVÂNIA, CONTÉM QUÍMICOS DISRUPTORES ENDÓCRINOS



FONTE: TEDX (2009).

A FIGURA 10 é de grande relevância, pois cita quais são os problemas de saúde causados pelos 41 produtos. Dado que uma substância química pode ser incluída em mais de uma categoria.

FIGURA 10-PERFIL DOS EFEITOS À SAÚDE CAUSADOS PELAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS USADAS NO FRATURAMENTO HIDRÁULICO NA PENSILVÂNIA



FONTE: TEDX (2009).

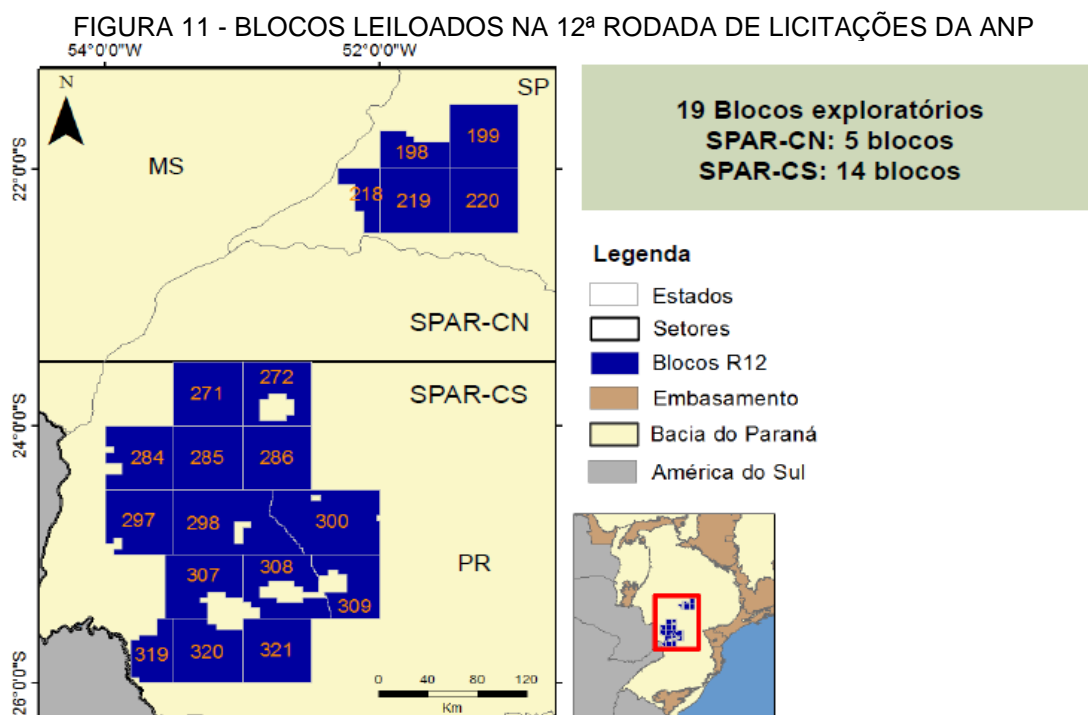
As categorias do lado esquerdo da FIGURA 10 são os efeitos que estão mais propensos a aparecer imediatamente ou logo após a exposição, dos quais 98% dos produtos estão associados com efeitos na pele, olhos e órgãos sensoriais, 95% pode causar problemas respiratórios e 83% estão associados com efeitos gastrointestinais ou fígado, 69% pode causar danos ao cérebro e sistema nervoso, 67% estão associados com efeitos no sistema cardiovascular. Os 62% correspondentes aos efeitos ecológicos correspondem a danos a espécies aquáticas, pássaros, anfíbios ou invertebrados. Já a categoria 'outros' se refere aos efeitos causados no peso, ossos e dentes. Por sua vez as categorias restantes do lado direito são de efeitos que podem aparecer a longo prazo, como câncer, danos em órgãos e sistema reprodutivo. Com os quais mais de 25% dos produtos estão associados.

4.2 EXTRAÇÃO DE GÁS FOLHELHO NO PARANÁ

O Brasil tem 18 bacias sedimentares terrestres, dos quais 14 podem ter rochas de petróleo geradoras. No entanto, desde 1980 o Brasil tem focado principalmente em seus recursos de petróleo e gás no mar (*offshore*), enquanto as bacias terrestres (*onshore*) têm visto menos atividade. A Administração de Informação Energética (EIA⁶) vinculada ao Departamento de Energia do Estados Unidos, avaliou o potencial de recursos de xisto de três bacias terrestres do Brasil (Paraná, Solimões e Amazonas). Essas bacias têm potenciais folhelhos provenientes de campos de petróleo e gás convencionais comercialmente produtivos, bem como dados geológicos disponíveis suficientes para análise de recursos. No entanto, os dados geológicos sobre as rochas de origem xisto no Brasil são relativamente escassos. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) tem realizado pesquisas de exploração, principalmente por gravidade e magnetismo com a perfuração mínima, em quatro bacias terrestres: Amazonas, Paraná, Parnaíba, e parte do São Francisco (EIA, 2013).

O primeiro passo do Governo foi a realização da 12ª Rodada de Licitação de Blocos Exploratórios, exclusiva para o gás de xisto. No Paraná já foram leiloados 240 blocos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) para a exploração do gás de xisto, por meio do método não convencional. O Leilão aconteceu em 28 de novembro de 2013 no Rio de Janeiro pela ANP, em que o consórcio entre Petrobras (60%) e Cowan (40%) arremataram 5 (cinco) blocos, sendo mais 2 blocos arrematados (100%) somente pela Petrobrás, a Companhia Paranaense de Energia (Copel) empresa de economia mista paranaense, arrematou quatro blocos da Bacia do Paraná, por meio de um consórcio formado pela Petra (30%), Bayar (30%) e a construtora Tucumann (10%). Os blocos estão localizados nas regiões centro-sul, oeste e sudoeste do Estado do Paraná (Bacia do Paraná) numa área correspondente a 38.780 km² (FIGURA 11), equivalente a 24% da área total ofertada no leilão (SENGE, 2013; JASPER, 2013).

⁶ A sigla provém do original, em inglês: Energy Information Administration.



FONTE: ANP (2013).

4.3 RESOLUÇÃO ANP Nº 21 DE, 10.4.2014 – DOU 11.4.2014

A 12ª Rodada de Licitações, autorizada pela Resolução CNPE nº 06/2013, ofertou blocos com potencial para petróleo e gás natural convencional e não convencional. Essa determinação suscitou algumas manifestações contrárias à exploração de recursos não convencionais, especialmente devido à baixa experiência sobre o tema no País. Além disso, no Parecer Técnico GTPEG nº 03/2013, portaria do Ministério do Meio Ambiente (MMA) nº 218/2012, são descritos os riscos e impactos associados ao uso dessa técnica, ressaltando-se a necessidade de mais estudos e de desenvolvimento de mecanismos de regulação específicos para o tema. As manifestações contrárias à exploração desses recursos ocorreram, principalmente, devido a preocupações referentes ao uso de recursos hídricos e à contaminação de aquíferos. Tendo isso em vista, a ANP elaborou a Resolução 21/2014, que estabelece os critérios para a perfuração de poços seguida do emprego da técnica de fraturamento hidráulico em reservatório não convencional. As principais exigências são referentes ao sistema de gestão ambiental, ao projeto de fraturamento hidráulico e ao sistema de gestão de segurança operacional (BRASIL, 2014).

A Resolução estabelece que (ANP, 2014):

A Diretoria da AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP, Resolução ANP nº 21, de 10 de abril de 2014, D.O.U. 11.04.2014, estabelece no Sistema de Gestão Ambiental que:

Art. 2º O operador deverá estabelecer e garantir o fiel cumprimento de um Sistema de Gestão Ambiental que atenda às melhores práticas da indústria do petróleo.

Art. 3º O Sistema de Gestão Ambiental deverá conter um plano detalhado de controle, tratamento e disposição de efluentes gerados provenientes das atividades de perfuração e Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional.

Parágrafo único. A água utilizada deverá ser preferencialmente efluente gerado, água imprópria ou de baixa aceitação para o consumo humano ou dessedentação animal, ou água resultante de efluentes industriais ou domésticos, desde que o tratamento a habilite ao uso pretendido.

Art. 4º O Operador, ao desenvolver o projeto de Fraturamento Hidráulico para Reservatório Não Convencional, deverá garantir a proteção dos corpos hídricos e solos da região.

Art. 5º O operador deverá publicar em seu sítio eletrônico:

I - Relatório anual de avaliação dos impactos e dos resultados das ações de responsabilidade social e ambiental;

II - Relação de produtos químicos, com potencial impacto à saúde humana e ao ambiente utilizados no processo, transportados e armazenados, contemplando suas quantidades e composições;

III - Informações específicas sobre a água utilizada nos fraturamentos nominando claramente origem, volume captado, tipo de tratamento adotado e disposição final.

Quanto ao que dispõe a referido Resolução, (artigo 7º, parágrafo 1º) para que a operação de fraturamento hidráulico seja realizada é necessário que o operador assegure por meio de testes, modelagem, análises e estudos que as fraturas realizadas permanecem a uma distância segura dos corpos hídricos. Sendo essa distância maior que 200 metros dos poços de água para uso domésticos, irrigação, uso industrial, animal e outros.

No entanto, no Art. 8º deste documento, cita que a aprovação da perfuração de fraturamento hidráulico não convencional depende de uma aprovação do operador, com uma antecedência mínima de sessenta dias do início da perfuração, contendo alguns documentos, dos quais: i) licença ambiental do órgão competente com autorização específica para a perfuração; ii) autorização para utilização dos recursos hídricos, conforme legislação aplicável, dentre outros que podem ser vistos na íntegra no Anexo II. Mas o que gera dúvida é quanto a essa licença ambiental, uma vez que não há estudos suficientes dos órgãos competentes relacionados ao fraturamento hidráulico no Brasil. Ademais, no parágrafo único do artigo 3º desta Resolução há

informação de que a água usada para este fim deverá preferencialmente de efluente gerado ou baixa aceitação humana, o que de certa forma não condiz com as características do fluido, pois a água utilizada no processo serve para evitar contaminações nas tubulações, auxilia no processo de extração, bem como forma soluções junto aos outros compostos.

5 ESTUDOS DE CASOS

5.1 CASO 1 - “FRATURAMENTO HIDRÁULICO, AMBIENTE E SAÚDE: NOVAS PRÁTICAS DE ENERGIA PODEM AMEAÇAR A SAÚDE PÚBLICA”

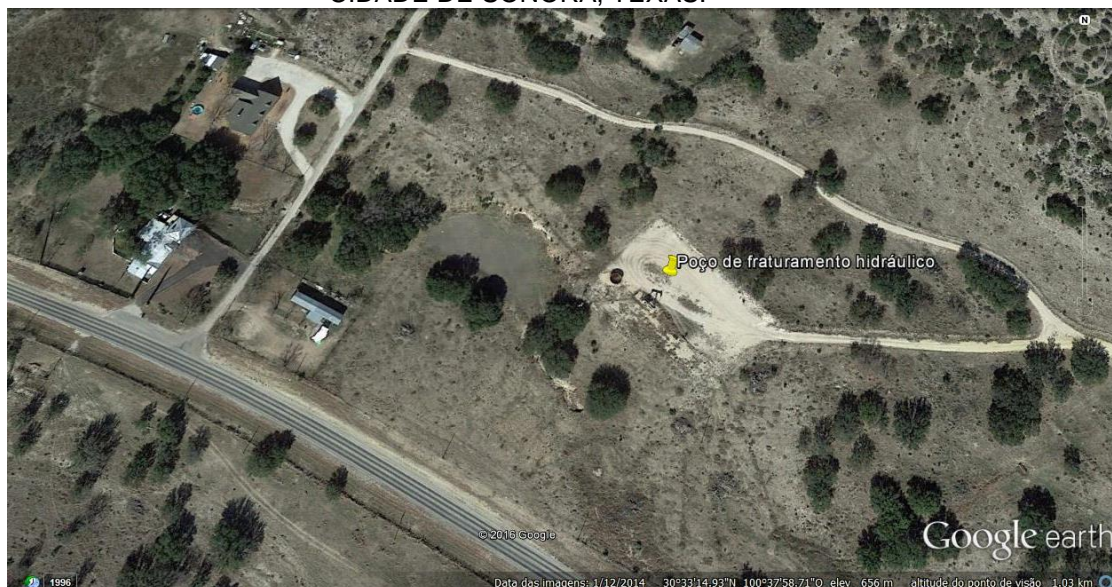
Um estudo publicado no American Journal of Nursing, na página Environment and Health, escrita por McDermott-Levy et al. (2013), apontam-se problemas de saúde relacionados ao uso do fraturamento hidráulico nos Estados Unidos.

Em um dos casos citados, uma moradora do Estado do Colorado, começou a ter preocupações com seu filho de 10 anos depois que o mesmo apresentou sangramentos nasais e logo após surgiu o aparecimento de bolhas na pele; também sua irmã começou a apresentar os mesmos sintomas. O médico atribuiu os sintomas à poluição do ar, causados pelo processo de fraturamento hidráulico.

Outro caso semelhante foi relatado por uma família do nordeste da Pensilvânia. A família assinou um contrato de operação de fraturamento na sua fazenda, pois o mesmo aliviaria em alguns gastos financeiros. No entanto, na primeira semana, a mãe notou um cheiro doce e um gosto metálico na boca. Na segunda semana ela, seu esposo e seus filhos estavam sofrendo de fadiga, tonturas, vômitos, dores de cabeça e hemorragias nasais. Testes de laboratório revelaram que cada um tinha níveis mensuráveis de benzeno, um conhecido agente cancerígeno humano, no sangue.

“Esses casos agudos de saúde são comuns entre pessoas que vivem em comunidades em que ocorre a extração de petróleo e gás natural pelo método de fraturamento hidráulico” (MCDERMOTT-LEVY et al., 2013, p. 45). Um exemplo que pode ser observado é na FIGURA 12.

FIGURA 12 - POÇO DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO PRÓXIMO À RESIDÊNCIAS NA CIDADE DE SONORA, TEXAS.



FONTE: Google Earth (2016).

Os sintomas comuns ou complicações entre as pessoas que vivem perto de poços de fraturamento incluem: fadiga; dor nos olhos; irritação dermatológica; dor de cabeça; dificuldade para respirar; dores gastrointestinais; problemas neurológicos e imunológicos; deficiências sensoriais; hemorragias nasais; disfunção endócrina, além da alteração da qualidade de vida e bem-estar.

A exposição prolongada a ar e água contaminados pela extração afeta diretamente a saúde humana. Crianças correm o risco mais elevado no desenvolvimento de asma e complicações decorrentes da poluição do ar. Populações mais idosas estão mais vulneráveis às alterações climáticas e a produção de patologias relacionadas à idade, diminuição da reserva respiratória e a desaceleração de mecanismos cardíacos compensatórios. Além dos efeitos aos trabalhadores desse processo de extração, que vão desde ruídos até ferimentos graves, problemas de respiração irritada podem gerar doenças crônicas.

Mesmo diante de todas essas preocupações com a saúde e de esforços na luta por uma moratória pra melhores estudos dos efeitos causados ao meio ambiente e à saúde, os Estados Unidos ainda são fortemente dependentes dessa energia. Destaca-se, também, o incentivo do Presidente Obama para continuar o desenvolvimento e expansão dessa fonte. Entretanto, apesar de essa extração trazer uma segurança energética ao País é fundamental que as ameaças para a saúde humana e ecológica associadas ao fraturamento sejam mais bem compreendidas e dirigidas, apontam autores.

Estudos realizados compilaram uma lista de produtos químicos que são usados durante o processo. Dos 350 produtos analisados, 75% afetam sistemas respiratórios e gastrointestinais, fígado e órgãos sensoriais.

Os riscos associados ao fraturamento se evidenciam desde o início da perfuração e podem seguir até mesmo depois de concluído o processo. Pesquisadores associam vários problemas decorrentes a esse processo. Estes incluem a contaminação da água e do ar; aumento da intensidade no volume de tráfego de caminhão a diesel; níveis elevados de ruído constante; riscos ocupacionais; estresse dentro das comunidades rurais decorrentes de um inchaço de população composto de equipes de perfuração, negócios relacionados e as demandas aumentadas subsequentes das infraestruturas sociais e de saúde. Podendo existir problemas econômicos e ecológicos associados, como a queda da valoração da propriedade em virtude de estar próxima a poços de perfuração, bem como a violação de normas ambientais que poderiam causar danos ambientais e à saúde, e intervir nas comunidades circundantes.

Associados a esses riscos, se adicionam os vazamentos de gás metano pelo poço, durante a distribuição, transporte, armazenamento e processamento do gás natural. Há vários relatos documentados de que água potável proveniente de águas superficiais, rios, reservatórios ou aquíferos, foram contaminados por poços de perfuração de gás de xisto nas proximidades, das quais propriedades que continham poços privados requereram a busca de água potável em fontes externas.

Pesquisadores descobriram que, na Pensilvânia, os poços de água potável de residências dentro de um raio de 1 km dos poços de perfuração ativos continham nível médio de metano 17 vezes maior do que áreas afastadas de perfuração. Esses altos níveis criavam riscos de explosões e perigos de asfixia para as famílias.

Ademais, o metano é só um dos tantos produtos químicos em preocupação. Em Pavillion, Wyoming, Estados Unidos, a Environmental Protection Agency (EPA), uma agência de proteção ambiental, detectou altas concentrações de benzeno, xilenos, hidrocarbonetos e subprodutos de gasolina e diesel nas águas subterrâneas rasas perto de poços de exploração de fraturamento. Coletivamente, estes produtos químicos apresentam riscos de câncer, problemas reprodutivos e neurotoxicidade. A agência afirmou que essa contaminação poderia ser proveniente de poço de coleta dos resíduos líquidos advindos do fraturamento.

Todavia, mesmo relacionando riscos à saúde e ao ambiente, as comunidades possuem um acesso restrito à informação sobre os produtos químicos utilizados no processo de fraturamento hidráulico. Conforme dispõe a Lei 13 de 2012 da Pensilvânia, as companhias não são obrigadas a compartilhar informações referentes aos produtos químicos usados durante o processo e/ou sua concentração, se essas forem consideradas segredos industriais. Para tanto, profissionais da saúde precisam fazer um pedido por escrito a essas empresas para obter alguma informação, bem como assinar um termo de confidencialidade de que essa informação é para uso de diagnosticar ou tratar de algum indivíduo. Acaba resultando em um atraso para os profissionais da saúde na capacidade de avaliar e tratar a força de trabalho público ou extração para exposições potencialmente perigosas. Dificultando o desenvolvimento e a prática de tratamentos relacionados aos efeitos à saúde em pacientes expostos a esses produtos químicos.

Foi constatado que não somente a população está sujeita a doenças, mas também os trabalhadores envolvidos no processo, devido a que ficam expostos a altas concentrações de sílica (resultado da perfuração de rocha e o manuseio de areia). Até 79% dos locais de fraturamento hidráulico excedem os limites estipulados pelo Instituto Nacional de padrões de segurança e saúde ocupacional para poeira de sílica. Além da exposição a radiação, em virtude de que o fraturamento requer perfuração na rocha que contém naturalmente a ocorrência de material radioativo (NORM⁷), tais como urânio, tório e radônio. Muitos desses NORMs são trazidos à superfície com os fluidos que são depositados em covas abertas ou tanques de retenção. No entanto, enquanto aguardam sua eliminação esses compostos se tornam mais concentrados produzindo NORMs tecnologicamente aumentados, chamados TENORM⁸s.

Diante de todos os problemas mencionados a Associação Americana de Enfermeiros (ANA)⁹, em 2003, adotou uma política que afirma que quando há uma ameaça ambiental para a saúde humana, as enfermeiras devem defender políticas públicas que reduzem o risco para as pessoas e o ambiente. Em junho de 2012, a ANA passou uma resolução elaborada pela Pennsylvania Landscape & Nursery Association cujo título, vertido ao português, é "Papel dos enfermeiros em reconhecer, educar e promover para escolhas de energia saudável."

⁷ Sigla em língua inglesa para *Naturally Occurred Radioactive Material*.

⁸ Sigla em língua inglesa para *Technically Enhanced Naturally Occured Radioactive Materials*.

⁹ Sigla em língua inglesa para *American Nurses Association*

Essa resolução é fundamental para os enfermeiros no conhecimento de que há opções mais seguras de energia- como eólica, hidráulica, solar, geotérmica; de que o Estado e as políticas nacionais podem ajudar ou atrapalhar no uso dessas fontes alternativas; de que os enfermeiros podem melhor promover a saúde de seus pacientes, comunidade e público, adotando uma abordagem de preocupação e apoiando as políticas de energia que fazem da saúde humana uma prioridade; de modo que podem ajudar a educar seus colegas, pacientes e outros membros de suas comunidades, enquanto também assumem a liderança na promoção do melhor monitoramento e prevenção dos efeitos potenciais sobre a saúde associados com o fraturamento.

5.2 CASO 2 - O RISCO PARA A BIODIVERSIDADE PELA FRATURAMENTO HIDRÁULICO DE GÁS DE XISTO EM *MARCELLUS* E *UTICA*

O estudo de caso foi realizado por Kiviat(2013) nos Anais da Academia de Ciência de Nova Iorque na questão “O ano da Ecologia e Conservação Biológica”, publicado em 2013. A produção de alto volume de gás pelo fraturamento hidráulico horizontal (HVHFF¹⁰) proveniente dos folhelhos *Marcellus* e *Utica*, ocorre potencialmente ao longo de 280.000 km² do leste dos Estados Unidos, na Bacia de Apalachiana. Essas instalações têm gerado preocupação quanto à saúde humana, mas há pouca discussão sobre os efeitos na biodiversidade. Como exemplo o autor cita o caso das salamandras da floresta que são sensíveis as condições de paisagem e solo. Sendo que alguns grupos se encontram em declínio.

Visto que 9,5% dos distritos dos Estados Unidos serem constituídos por gás de folhelho, sendo os seus recursos mais extensos no leste pelos folhelhos *Marcellus* e *Utica*, subjacentes à Bacia de Apalachiana através de extensas áreas de Pensilvânia e Ohio, a maioria da Virgínia Ocidental e em pequenas partes de Maryland, Virgínia e Ontário (Canadá). Essa região é coberta de muitas florestas com árvores dominantes que incluem carvalhos (*Quercus spp.*), noqueira amarga (*Carya spp.*), bordo açucareiro (*Acer saccharum* Marsh.,1985), faia americana(*Fagus grandifolia* Ehrh., 1788) e vidoeiro amarelo(*Betula alleghaniensis* Britt., 1904).

Os folhelhos *Marcellus* e *Utica* são ricos em matéria orgânica e decomposição marinha depositados durante os períodos devonianos médios e médios ordoviciano,

¹⁰ Sigla em língua inglesa para *high-volume horizontal hydraulic fracturing*.

respectivamente. Essas formações variam de expostas para coberta por 3 km ou mais de outros estratos de rocha, com *Utica* subjacente a *Marcellus* e estendendo-se mais a oeste e sudoeste.

Em 2008 metade das instalações foram em florestas, utilizando em média 3,6 hectares, afetando aproximadamente 15 hectares de floresta por instalação na Pensilvânia. Em 2030 estima-se haver 60.000 novos poços nessa mesma área. Sendo que cada fraturamento utiliza em torno de 4- 12 milhões de litros de água, que é transportada de um lago ou rio. Cerca de 0,5% dos compostos químicos injetados no solo (1 milhão de litros) retornam à superfície junto com as águas residuais. Esses compostos incluem metano, naftalina, xileno, ácido acético e amônia, além dos compostos provenientes do xisto, especialmente sódio, cloreto, brometo, arsênio, bário, outros metais pesados, compostos orgânicos e radioativos.

Relatos de derramamentos ou vazamentos por produtos químicos, fluidos de fraturamento ou águas residuais, envolvendo produtos químicos orgânicos voláteis e gasosos, combustíveis diesel, surfactantes, metais, cloreto de sódio, água ácida foram documentados. Dado que em um local no Oeste da Virginia, águas residuais contendo aproximadamente 4.000 a 14.000 mg de cloreto por litro foram pulverizadas no solo e vegetação, danificando árvores e outras plantas. Além de quatro espécies de anfíbios do nordeste também serem afetadas por aproximadamente 50 a 1.000 mg por litro de cloreto dependendo da fase e da espécie, implicando que pequenas quantidades dessas águas residuais do fraturamento hidráulico poderiam render criações inadequadas dos habitats. Muitas espécies de plantas são sensíveis ao sal e podem ser prejudicados por metais pesados, além do que lagoas de águas residuais contêm produtos químicos sintéticos altamente tóxicos e seriam potenciais armadilhas ecológicas para aves aquáticas, ratos, tartarugas, rãs e insetos aquáticos.

A fragmentação florestal é outra questão que afeta a dispersão, polinização, predação, herbivoria¹¹, sendo a maior preocupação de conservação das paisagens relacionada ao fraturamento hidráulico. Já que mais de 20% da cobertura vegetal pode ser removida para construção das instalações, e mais de 80% da terra podem ser afetados. Resultando em aquecimento e secagem da floresta remanescente, com maior penetração por plantas exóticas, predadores de ninhos de pássaros canoros e

¹¹A herbivoria é um tipo de relação ecológica que ocorre entre certos animais e plantas. Os animais ingerem partes da planta viva para seu alimento e nutrição. Disponível em: <http://brasilecola.uol.com.br/biologia/herbivoria.htm>

a ninhada parasitária do molotro de cabeça marrom (*Molothrus ater* Boddaert, 1783). Líquens e briófitas, orquídeas e outras ervas, bem como a borboleta branca da Virgínia Ocidental, anfíbios e aves são alguns dos organismos sensíveis à fragmentação florestal. Dessas, as orquídeas são as que mais sofrem com a mudança de habitat, em virtude de ocorrerem em populações pequenas, isoladas e dependerem de estreitas faixas de umidades do solo, matéria orgânica, luz e nutrientes.

Essa perda ou fragmentação acaba afetando várias aves reprodutoras de conservação da Pensilvânia e Virgínia Ocidental, incluindo o tordo-dos-bosques (*Hylocichla mustelina* Gmelin, 1789), mariquita azul (*Setophaga cerulea* Wilson, 1810), e o sanhaçu-vermelho (*Piranga rubra* L., 1758). Em um estudo realizado de cinco anos com aves de criação em 469 pontos de amostragem em manchas de florestas que variam de 0,1 a 3.000 hectares em Maryland, Pensilvânia, Virgínia e Virgínia Ocidental, as porcentagens de cobertura vegetal dentro de 2 km foram identificadas como áreas importantes para 38 espécies, de 75 espécies estudadas, sendo 26 aves consideradas de área sensível. Espécies de chão florestais tais como salamandras e plantas herbáceas têm a capacidade de dispersão limitada e podem levar anos para recolonizar florestas.

Outro fator que influencia na biodiversidade, é que as estradas funcionam como corredores para propagação de ervas daninhas. Essas plantas irão colonizar solos perturbados em estradas, estruturas de poços, estações de compressor e gasodutos e se espalhar em florestas e outros habitats. Entre as possíveis espécies colonizadoras estão: *Phragmites australis* Cav., Trine x Steud., 1841 (cana comum); *Microstegium vimineum* (Trin.) A. Camus, 1921; *Polygonum cuspidatum* Sieb. & Zucc., 1846; *Centaurea stoebe* L., 1753; *Artemisia vulgaris* L., 1753 (artemísia comum); *Aralia elata* (Miq.) Seem., 1868; *Elaeagnus umbellata* Thunb., 1784; *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, 1916 (árvore-do-céu); e *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Sieb. & Zucc. ex Steud, 1841 (kiri japonês). Muitas dessas plantas estão colonizando locais de mineração, estradas e gasodutos nas montanhas de Catskill e cordilheira de Hudson em Nova Iorque e outras regiões do leste.

Além do que algumas estradas de acesso e gasodutos cruzam pântanos e córregos, criando barreiras de circulação de água e organismos. Uma vez que são estimadas 6.800 viagens de caminhão para fraturar um poço, muitos anfíbios, mamíferos, aves, répteis são vulneráveis à mortalidade rodoviária.

Mudanças hidrológicas, incluindo a retirada de água superficial e aumento do escoamento superficial, provocado pelos desmatamentos e superfícies impermeáveis pelas estruturas dos poços, estradas, presumidamente afetam os padrões hidrológicos de córregos, várzeas, piscinas termais, águas subterrâneas rasas e demais complexos aquíferos. O fluxo de peixes como a truta (*Salvelinus fontinalis* Mitchill, 1814) e invertebrados aquáticos que permanecem na água durante o verão, como lagostins e plecópteras são adversamente afetados pela redução da vazão de verão, além dos mexilhões de água doce (*Unionoidea*), muito frequentes de *Marcellus* e *Utica*, que são sensíveis à hidrologia, qualidade da água e assoreamento dos rios. (*Cryptobranchus alleganiensis* Daudan, 1813), uma salamandra aquática gigante, requer fluxos bem oxigenados, sendo sensível à poluição e assoreamento. Essa redução da vazão ecológica diminui o oxigênio dissolvido, aumenta a deposição de sedimentos finos, aumenta a temperatura da água, afetando a composição da comunidade deste ambiente e causando a riqueza de espécies de macro invertebrados tolerantes a essas condições. A redução da cobertura florestal nas bacias hidrográficas também pode ter efeitos duradouros sobre a biodiversidade de fluxo.

Observa-se na FIGURA 13 um exemplo de fragmentação da floresta para implantação de poços de perfuração por fraturamento hidráulico.

FIGURA 13 - POÇO DE FRATURAMENTO E ESTRADA EM SPRINGVILLE TOWNSHIP, PENSILVÂNIA.



FONTE: EPA (2015).

Os compressores a diesel de instalações de fraturamento hidráulico funcionam 24 horas por dia, e o seu ruído pode ser ouvido a longas distâncias. Esses ruídos altos e contínuos, provocados por redes de transporte motorizado interferem na comunicação de aves, rãs e mamíferos, causam perda de audição, níveis elevados de estresse hormonal e hipertensão em vários animais. Em um estudo de uma estação de compressão de gás em Alberta verificou-se a redução no ciclo reprodutivo do joão-de-barro (*Furnaris rufus* Gmelin, 1778). Morcegos também evitam barulhos contínuos e isso pode afetar a eficiência do forrageamento¹².

As instalações são bastante iluminadas à noite, especialmente em locais de poços durante a perfuração e o fraturamento e estações de compressão contínuas. Essa alta iluminação afeta diferentes espécies, interrompendo o fluxo de populações de insetos, que por sua vez afetam teias alimentares e a função dos ecossistemas, podendo acarretar mortes ou terem sua reprodução interrompida.

A qualidade do ar em torno dos locais de fraturamento hidráulico pode afetar a saúde animal, em virtude das emissões atmosféricas, isso inclui escapamento de motores de caminhões e compressores, produtos orgânicos voláteis de fluidos de fraturamento, interações do ozônio troposférico, poeira da estrada, poluentes que contêm hidrocarbonetos cancerígenos e mutagênicos. O óxido de nitrogênio de veículos afeta musgos que estão de 50m a 100m das estradas na Inglaterra. Árvores também são afetadas dentro dessa mesma distância.

Espécies que possuem grande parte da sua área de distribuição na Região de *Marcellus* e *Utica* podem potencialmente estar em risco de extinção devido aos impactos dos fraturamentos hidráulicos principalmente associados a outras alterações ambientais generalizadas. Por exemplo, o morcego orelhudo da Virgínia (*Corynorhinus townsendii virginianus* Handley, 1955) ocupa 15 cavernas de calcário, sendo 11 no Oeste da Virginia. O calcário é geralmente poroso à contaminação de água, portanto poderiam ter um risco maior de serem afetadas por instalações de fraturamento. Outra população que corre grande risco de ser afetada é a salamandra verde (*Aneides aeneus* Cope & Packard, 1881) e 73% da população de trílios da neve

¹² Em ecologia comportamental, forrageamento refere-se as interações entre predadores e suas presas (que podem ser tanto animais quanto plantas). Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/bie212/files/aula2.pdf>

(*Trillium nivale* Riddell, 1835), pois estão localizadas em região de alta probabilidade de fraturamento.

No entanto, alguns animais se beneficiam em locais de fraturamento, por exemplo, algumas abelhas e vespas cavam tocas de ninho em solo nu. Répteis muitas vezes põem ovos em solos danificados de estrada. Cobras, incluindo a Cascavel (*Crotalus horridus* L., 1758), são atraídas pelo pavimento quente em tempo de resfriamento. Aves nidificam em solo nu ou com escassa vegetação, como o pato-real (*Anas platyrhynchos* L., 1758), o bacurau-norte americano (*Chordeiles minor* Foster, 1771), o borrelho de dupla coleira (*Charadrius vociferus* L., 1958) e o maçarico maculado (*Actitis macularia* L., 1766), além de que poças de água e piscinas de chuva serviriam como atrativos de habitats de larvas de mosquito; em Wyoming, houve um aumento de 75% em cinco anos em potenciais habitats larvais de mosquitos nas lagoas de águas residuais provenientes de perfuração de gás.

Ademais, o autor conclui que os impactos de biodiversidade do fraturamento hidráulico são semelhantes aos impactos de muitas indústrias, embora a complexidade química e extensão geográfica sejam incomuns. Os principais efeitos em longo prazo sobre a biota susceptível de se propagar através de paisagens são a perda de habitat e fragmentação, poluição química, degradação da qualidade da água e a alteração hidrológica; outros impactos, incluindo o ruído, luz e qualidade do ar, podem ser mais locais de curto prazo, como observa-se na FIGURA 14.

FIGURA 14 - ATIVIDADES DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO PRÓXIMO A WILLISTON, NORTE DE DAKOTA.



FONTE: EPA (2015).

5.3 CASO 3 - AUMENTO DA ABUNDÂNCIA DE GÁS PERDIDO EM UM SUBCONJUNTO DOS POÇOS DE ÁGUA POTÁVEL PERTO DE EXTRAÇÃO DE GÁS DE XISTO DE *MARCELLUS*

O presente caso advém de uma pesquisa realizada por Jackson et al. (2013), estudando o aumento da concentração de gás em conjuntos de poços de água potável nas proximidades da extração de gás de xisto *Marcellus*.

Foram analisados 141 poços de água potável na província fisiográfica dos planaltos da apalachianos no nordeste da Pensilvânia, da qual foram examinadas as concentrações de gás natural e a presença de isótopos nas proximidades de poços de gás de xisto.

As utilizações de fontes não convencionais de petróleo e gás natural estão transformando o abastecimento de energia nos Estados Unidos. Essa transformação é conduzida pelo fraturamento hidráulico em que o gás de xisto e outras fontes não convencionais estão rendendo mais que a metade da oferta de gás natural dos Estados Unidos. Chegando a janeiro de 2013 a uma produção diária de metano, naquele país, de 2×10^9 m³. Contudo não somente os benefícios vieram, mas também as preocupações, tais como: alterações na qualidade do ar, efeitos na saúde humana para trabalhadores e pessoas que vivem perto de poços de perfuração, indução sísmica e a controvérsia sobre balanço de gás de efeito estufa.

No entanto, a maior preocupação à saúde humana consiste ainda na contaminação da água potável por fluidos de fraturamento e gases dispersos. Porém poucos estudos são realizados para examina a qualidade da água em poços de perfuração.

Neste estudo de caso os autores apresentaram um conjunto de dados mais abrangentes para o gás natural em poços de águas rasas no nordeste da Pensilvânia, comparando os dados com fontes de metano termogênico, metano derivado biologicamente e metano encontrado em fissuras naturais. Foram apresentados também dados de concentrações de gás etano e propano (gases esses que não são derivados de ações biogênicas) em função das distâncias dos poços.

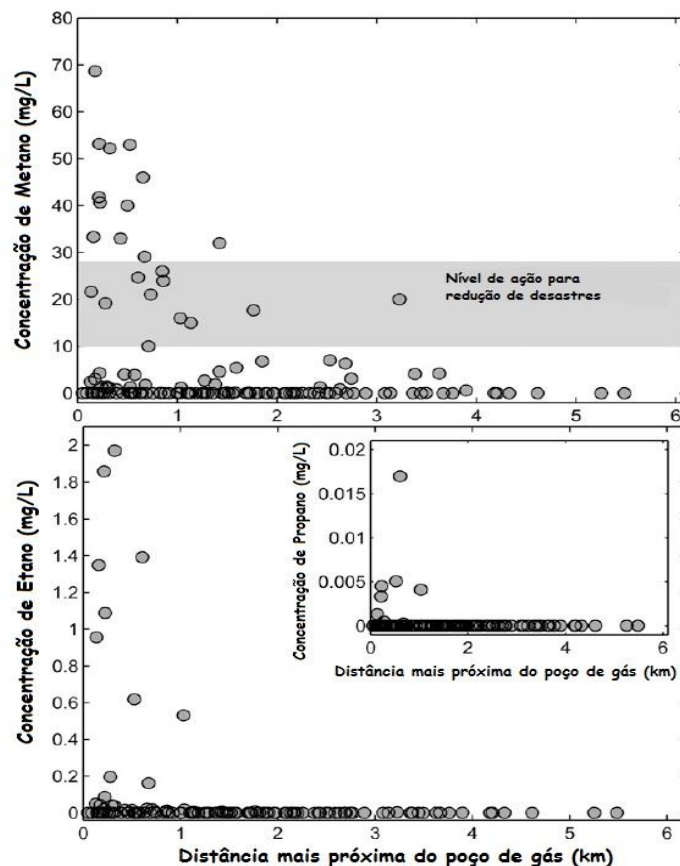
A área de estudo se encontra dentro da província fisiográfica dos planaltos apalachianos e inclui seis locais da Pensilvânia (Bradford, Lackawanna, Sullivan, Susquehanna, Wayne e Wyoming). Foram amostrados 81 novos poços de água potável de três principais aquíferos (Alluvium, Catskill e Lock Haven), em que foram combinados com 60 poços amostrados anteriormente na Pensilvânia, totalizando 141

poços. Esses poços se encontram a uma profundidade de 60 m a 90m. Foram analisados também metano de escoas naturais da nascente salina do State Park, em Franklin Forks, Pensilvânia para comparar com os dados obtidos das águas potáveis das casas, algumas a poucos quilômetros da nascente.

Para avaliar as concentrações de gás nas águas, três fatores anteriormente propostos foram levados em consideração: distâncias dos poços de gás, dos vales e das costas estruturais provenientes de uma deformação tectônica.

A concentração de metano foi detectada em 82% das amostras analisadas de água potável (115 poços), com concentrações médias de seis vezes maiores para casa a menos de 1km dos poços de gás natural. Da mesma forma, para etano e propano foram maiores na água potável de casas perto de poços de gás natural, chegando o etano a ser 23 vezes maior nas casas com distâncias menores que 1km de poços de gás e o propano foi detectado em 10 poços de água, todos dentro de aproximadamente 1km de distância (FIGURA15).

FIGURA 15 - CONCENTRAÇÕES DE METANO, ETANO E PROPANO EM POÇOS DE ÁGUA POTÁVEL

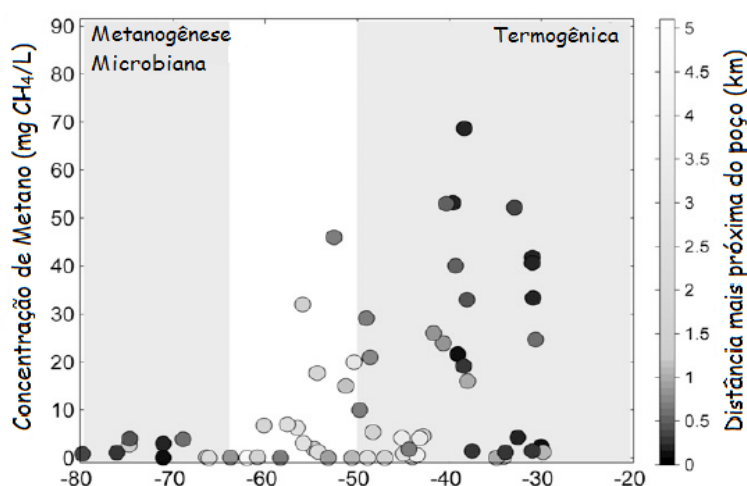


FONTE: Adaptado de Jackson et al. (2013).

As relações de etano a metano e de propano para metano eram muito mais elevadas para casas dentro de aproximadamente 1 km de distâncias dos poços de gás natural. Os valores observados dentro de aproximadamente 1km de perfuração parecem governar para fora de uma fonte de metano biogênico, sendo consistentes com os dois gases úmidos (etano + propano) encontrados na formação *Marcellus* e com observação anterior de metano em poços de água potável na região, visto que os micróbios efetivamente não produzem propano e etano no subsolo.

A distância dos poços de gás, a proximidade dos fluxos do fundo do vale e a estrutura do apalachiano (maturidade térmica e grau de deformação tectônica) influenciaram nas concentrações de gases dissolvidos. Desses fatores, a distância de poços de gás foi o fator estatístico dominante nas análises para os dois tipos de metano (biogênico e termogênico). Além desses fatores, a relação de gás e indicações isotópicas fornece percepções adicionais sobre as fontes de gases nas águas subterrâneas. O isótopo $\delta^{13}\text{C-CH}_4 > -40\text{‰}$ sugere uma origem termogênica para metano, por sua vez isótopo $\delta^{13}\text{C-CH}_4$ com valores $< -60\text{‰}$ sugere uma fonte biogênica de metano. As indicações maiores do isótopo $\delta^{13}\text{C-CH}_4$ termogênico em água potável foram encontradas em casas com elevada concentração de metano (CH_4) com distância inferior a 1 km dos poços de gás natural (FIGURA16).

FIGURA 16 - CONCENTRAÇÃO DE METANO BIOGÊNICO E TERMOGÊNICO EM ÁGUA POTÁVEL EM RELAÇÃO A DISTÂNCIA DO POÇO DE GÁS



FONTE: Adaptado de Jackson et al. (2013).

Outra forma de auxiliar na diferenciação de metano biogênico e termogênico são usando as proporções relativas de metano, tais como etano e propano. A baixa

relação de metano a maior cadeia de hidrocarbonetos (aproximadamente < 100) em água normalmente sugerem um gás hidrocarboneto derivado de uma fonte de termogênica, considerando a relação de metano a maior cadeia de hidrocarbonetos consideravelmente maior que 1.000 sugerem uma origem microbiana para o gás.

Diante dos dados apresentados, os autores apontam as explicações para as altas concentrações de gás dissolvido observados em água potável:

- i. Falhas ou invólucro inadequado de aço, projetados para manter o gás e qualquer água do poço escapem para o ambiente e;
- ii. As imperfeições na selagem de cimento do anel ou lacunas entre os invólucros das rochas que evitam que fluidos vazem para fora do poço.

Em 2010, o Departamento de Proteção Ambiental (DEP¹³) da Pensilvânia emitiu 90 violações para embalagem defeituosa e cimentação em poços de gás de xisto de *Marcellus*; 119 violações semelhantes foram emitidas em 2011.

Dessa forma, a perfuração horizontal e o fraturamento hidráulico podem estimular fraturas, aumentando a conectividade hidráulica secundária. O transporte de gases ascendente é teoricamente possível, através do fluxo orientado pela pressão, pelas fissuras secas, por bolhas de gás que chegam ao aquífero e fraturas cheias de água. Poços de petróleo e gás abandonados são outro caminho potencial para transporte rápido de fluidos.

Os autores ainda apontam que são necessárias ferramentas adicionais isotópicas e traçadores geoquímicos para determinar a origem e os mecanismos de migração dos gases dispersos observados. Além de um conjunto de estudos de caso detalhados das medições de qualidade da água, tomadas antes, durante e após a perfuração e fraturamento hidráulico. E por fim entender por que, em alguns casos, a extração de gás de xisto contamina as águas subterrâneas e possíveis formas de prevenção de vazamentos.

5.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O FRATURAMENTO HIDRÁULICO COM BASE NOS TRÊS ESTUDOS DE CASOS

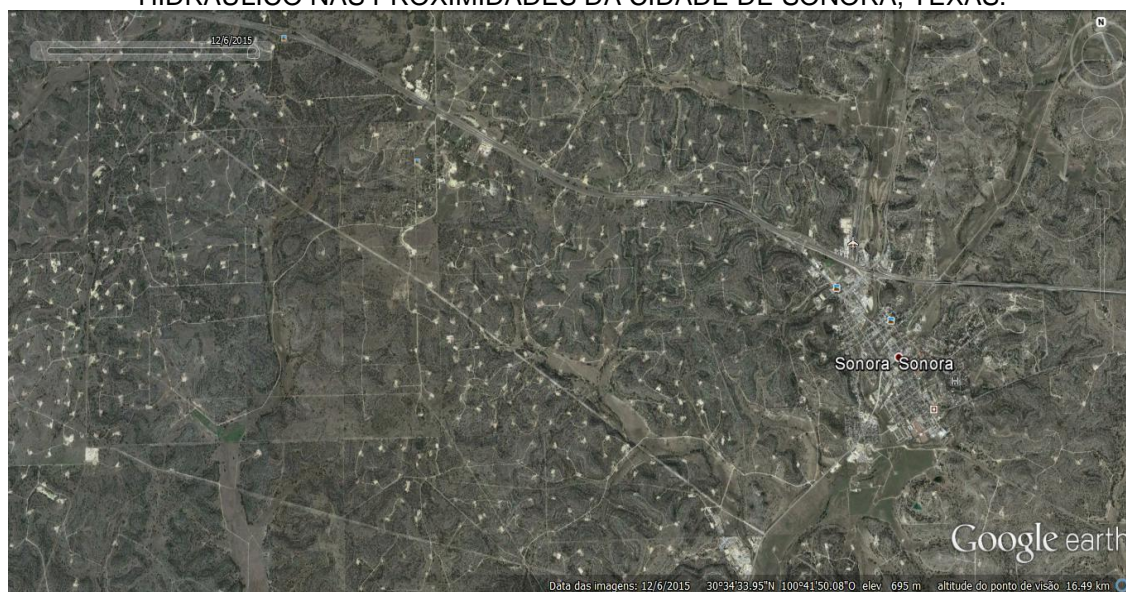
Nos três casos relatados, foi possível ter uma dimensão dos diferentes caminhos que o fraturamento hidráulico pode levar. E todos eles os danos são grandes.

¹³ A sigla provém do inglês: *Department of Environmental Protection*

Segundo a EPA - Environment Protection Agency (2015), entre 2000 e 2013 cerca de 9,4 milhões de pessoas viveram próxima de 1,6km de poços de fraturamento, e cerca de 6,800 fontes de água potável para uso público se encontravam dentro 1,6 km dos poços.

Na FIGURA 17, observa-se uma imagem via satélite de poços de fraturamento hidráulico no Estado do Texas¹⁴.

FIGURA 17 -FOTO VIA SATÉLITE DE POÇOS DE PERFURAÇÃO DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO NAS PROXIMIDADES DA CIDADE DE SONORA, TEXAS.



FONTE: Google Earth (2016).

Sem deixar de mencionar que a quantidade água necessária no processo é absurda, visto que entre 2011 e 2012, nos Estados Unidos foram usados em média 44 bilhões de litros de água, advindas normalmente de águas superficiais, subterrâneas ou de reuso, bem como fatores de logística são levados em conta, como a topografia, proximidade com estradas e fontes de água. (EPA, 2015).

Se transpormos para a região de estudo, a Mesorregião Oeste Paranaense, a água seria um fator de competição, tanto para uso público, como para produção alimentícia. Se formos analisar em outros estados brasileiros que muitos deles sofrem pela estiagem, o fraturamento seria mais um impasse para a população.

¹⁴ Quase metade dos poços de fraturamento entre 1990 e 2013 se encontram no Texas.

Outro fator relevante é que o fraturamento é um curto intenso processo, que requer equipamento especializado, grandes quantidades de água, produtos químicos, maquinaria e uma frota intensa de caminhões.

Na FIGURA 18, vê-se a intensa frota de caminhões necessária nesse processo.

FIGURA 18 - OPERAÇÃO DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO EM TROY, PENSILVÂNIA



FONTE: EPA (2015).

Outro fator decorrente dos poços de perfuração são os fluidos gerados desse processo, denominado de *flowback*, como observado na FIGURA 19. Esses fluidos podem ser dispostos em piscinas a céu aberto ou em tanques que depois podem ser remanejados por caminhões. O que de fato preocupa, é o contato desses fluidos com o solo, água, populações que residem próximos a esses poços como mencionado no primeiro caso, bem com a biodiversidade que é perdida e afetada.

FIGURA 19 – DISPOSIÇÃO DO FLUIDO DE FRATURAMENTO NO CENTRO DE ARKANSAS, EUA.

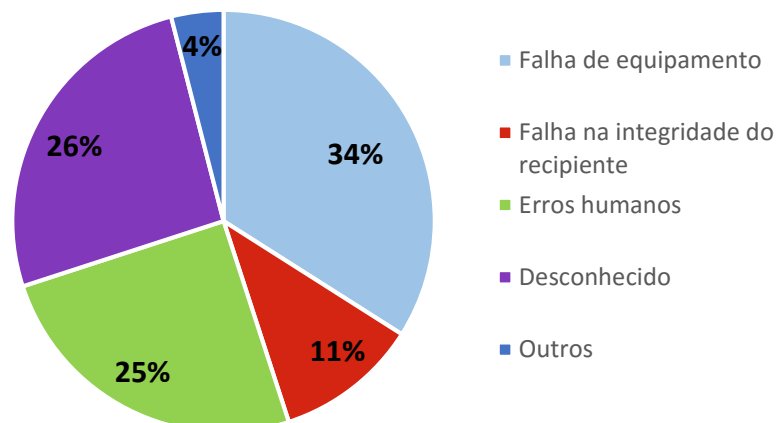


FONTE: EPA (2015).

Em estudo realizado pela EPA (2015), eles avaliaram 151 derramamentos ocasionados por produtos químicos, aditivos e fluido de fraturamento, categorizando os derramamentos causados pelo fraturamento hidráulico de acordo com as seguintes causas: falha de equipamento, falha na integridade do recipiente, erros humanos, outros (tempo, vandalismo, comunicação do poço) e desconhecidos.

A FIGURA 20, apresenta a distribuição desses derramamentos de fluidos químicos ou por fraturas, associados a cada causa.

FIGURA 20 - DISTRIBUIÇÃO DAS CAUSAS DE DERRAMAMENTO RELATADOS POR PRODUTOS QUÍMICOS E FLUIDO DE FRATURAMENTO.



FONTE: EPA (2015).

Observa-se que mais da metade dos derramamentos causados são ocasionados por falha de equipamento (34%) e erros humanos (25%), e cerca de um quarto dos derramamentos (26%) são desconhecidas ou não relatadas.

No último dia 24 de abril de 2016, o Deputado Jeremy Buckingham, ateou fogo no Rio Condamine no Estado de Queensland (FIGURA 21), para mostrar a sua indignação e denunciar a indústria de gás natural, em decorrências dos poços de fraturamento, que ocasionou na liberação de metano na bacia Murray-Darling. A Austrália é um grande produtor de gás natural e o grupo Origin Energy que atua nessa bacia para exploração, afirma estar ciente desse vazamento e que está vigiando de perto. Os mesmos afirmam que esse gás não faz mal para a natureza nem para a saúde pública, se as pessoas que estão próximas, tiverem bom senso.

FIGURA 21- RIO CONDAMINE, QUEENSLAND, COM PRESENÇA DE METANO



FONTE: G1 Mundo (2016) (Foto: Max Phillips/NSW GRENS/AFP).

Isso chega a soar irônico, visto que em detrimento das informações coletadas e dos casos relatados, se percebe o grau de preocupação que envolve uma tecnologia de fraturamento hidráulico para a saúde, para a biodiversidade e para o desenvolvimento da região.

6 DOCUMENTOS REFERENTES AO FRATURAMENTO HIDRÁULICO NO BRASIL E NO PARANÁ

As mudanças e a evolução das necessidades socioeconômicas permitiram uma maior compreensão sobre o respeito universal aos recursos naturais como condição indispensável para o desenvolvimento sustentável. Para tanto, se fez necessário na sua forma jurídica a busca pelo direito ambiental nacional e internacional.

No entanto, o reconhecimento da existência de um direito ambiental pela Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 demorou a acontecer, visto que as Constituições precedentes abordavam a proteção ambiental de maneira secundária, da qual os assuntos referentes à natureza e os recursos naturais sob responsabilidade exclusiva da União, eram tratados pelo viés quase que só técnico-econômico. A Constituição passou a englobar uma percepção mais integradora em que, ao lado da visão desenvolvimentista, a opção ambientalista passou a ser valorizada, atentando aos aspectos do controle dos impactos sobre a natureza e à conservação dos recursos, bem como ao lado humanista de redução dos desequilíbrios sociais.

Sendo assim uma das formas de proteção ao meio ambiente e conservação e uso sustentável dos recursos é a adoção e implementação de legislação penal que se enquadre dentro das particularidades socioeconômicas e ecológicas de cada país. Podendo haver ações preventivas ou corretivas. Para tanto criou-se, no Brasil, a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que concerne ao sistema a aplicação de penas alternativas¹⁵.

6.1 LEI MUNICIPAL PROMULGADA NA CIDADE DE TOLEDO (PR) E DEMAIS PROMULGADAS NOS MESMOS MOLDES

No dia 11 de novembro de 2014, na Câmara Municipal de Toledo, município da Mesorregião Oeste Paranaense, foi realizada uma sessão na qual foi exposto aos vereadores os perigos de fraturamento hidráulico, uma vez que o município de Toledo

¹⁵ A Lei na íntegra se encontra disponível em:
http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_conjur/_arquivos/108_12082008084425.pdf

compreende uma das regiões que se encontra um dos blocos que foram leiloados na 12ª Rodada de Licitações promovida pela ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Posto isso foi sancionada a seguinte Lei:

Art. 1º- Esta Lei altera a legislação que dispõe sobre o Código de Posturas do Município de Toledo.

Art. 2º- O artigo 126 da Lei nº 1.946, de 27 de dezembro de 2006, passa vigorar com as seguintes alterações:

“Art. 126...

§4º- Não serão concedidas licenças às empresas de exploração de gás (não convencional) de xisto, pelo método de fratura hidráulica- “Fracking”

Art. 3º- Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Nos mesmos moldes que contempla a Lei Municipal de Toledo, outros Municípios também legislaram.

Em 5 de agosto de 2014 o município de Foz do Iguaçu aprovou a Lei Nº 4265 que dispõe da proibição da exploração do gás de xisto no Município de Foz do Iguaçu pelo método da fratura hidráulica – “Fracking”.

O município de Nova Santa Rosa sancionou no dia 22 de setembro de 2014 a Lei Nº 1.671/2014 proibindo a concessão de Alvará e ou Licença a quaisquer pessoas física ou jurídica, que pretendam utilizar o solo com a finalidade da extração do gás de xisto pelo método da fratura hidráulica.

O município de Cascavel assinou no dia 22 de setembro de 2014 o Projeto de Lei 101/2014 que dispõe sobre a proibição da concessão de alvará ou licença para utilizar o solo para exploração do gás não convencional através do método de fraturamento hidráulico.

O município de Guaíra no dia 19 de dezembro de 2014, assinou o Projeto de Lei Nº 1.920/2014 que dispõe sobre a proibição de instalação, em todo território do Município de Guaíra, de empresas que visem a exploração do gás de xisto através do método de fraturamento hidráulico – “fracking”.

6.2 PEDIDO DE MEDIDA LIMINAR

O pedido de medida liminar foi proposto pelo Ministério Público Federal em 2014, em decorrência da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) juntamente com outras parceiras, com o objetivo de suspender

os efeitos decorrentes da 12^o Rodada de Licitações realizada pela ANP, em que ofereceu a exploração de gás de folhelho pelo método de fraturamento hidráulico na Bacia do Rio Paraná, no setor SPAR-CS, em razão dos potenciais riscos ao meio ambiente, à saúde humana e atividade econômica regional.

O Ministério Público Federal alegou que essa exploração afetará diretamente o Aquífero Guarani, um dos maiores do Brasil e de alcance transnacional, além de servir para geração de energia elétrica e abastecimento urbano.

A concessão dessa medida liminar, de modo imediato, visa antes da disponibilização dos blocos e uso da técnica de fraturamento, que sejam realizados estudos técnicos que demonstrem a viabilidade, ou não do uso desta técnica em solo brasileiro, com prévia regulamentação do CONAMA, bem como realização e devida publicidade da Avaliação Ambiental de Áreas sedimentares – AAAS.

Para mais informações referentes à Medida Liminar, ler em Anexo I.

6.3 PARECER TÉCNICO GTPEG¹⁶

No parecer técnico nº 03/2013 consta que no dia 7 de agosto de 2013 o GTPEG (Grupo de Trabalho Interinstitucional de Atividades de Exploração e Produção de Óleo e Gás) foi surpreendido com uma publicação no Diário Oficial da União na Resolução CNPE nº6 de 25 de junho de 2013, autorizando a realização da 12^a Rodada de licitações de blocos para exploração e produção de petróleo e gás.

No entanto essa nota de aprovação foi feita antes do parecer da área ambiental federal sendo contrário ao que é estabelecido pela Resolução CNPE (Conselho Nacional de Política Energética) nº 08/2003. A análise realizada pelo GTPEG que é um órgão representante da área ambiental federal é diferente daquela realizada pelos órgãos estaduais de meio ambiente. Sendo que os OEMAs (Órgãos Estaduais de Meio Ambiente) possuem um potencial de contribuição com a legislação estadual, com as especificidades de seu ambiente e população, junto com um planejamento territorial a nível estadual. Enquanto que os órgãos federais têm potencial de contribuir com informações ambientais integradas. Por mais que o licenciamento das atividades terrestres de exploração e produção de petróleo e gás

¹⁶Em decorrência do Parecer Técnico ser extenso, não será possível transcrevê-lo na íntegra. Interessados ver o link <http://goo.gl/Eyq5W6>

seja prioritariamente da competência estadual, há aspectos de interesse ambiental que não podem ser deixados de lado, não podendo se prescindir de nenhuma das contribuições.

Visto que o método de fraturamento hidráulico, *fracking*, trouxe muitas dúvidas no que concerne ao seu processo de extração e prospecção, aliado as questões ambientais e sociais incorporadas ao mesmo. Pois, nesse processo se utilizam de inúmeros recursos da natureza, sendo o principal deles a água.

O GTPEG levou em consideração os seguintes elementos para análise da 12ª Rodada de leilões, com a contribuição da Agência Nacional de Águas –ANA.

- Áreas protegidas: Identificação de sobreposição e proximidade das áreas com Unidades de Conservação existentes no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC/MMA);
- Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade Brasileira (Portaria MMA nº 09/2007): áreas consideradas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade;
- Lei da Mata Atlântica: sobreposição dos blocos com área de aplicação Lei nº 11.428 de 2006, determinação de regras e condicionamentos para a exploração dos recursos naturais do bioma, visando uma exploração sustentável;
- Conhecimentos setoriais do ICMBio, da ANA e do MMA: conhecimentos desenvolvidos pelas diversas instituições participantes do grupo de trabalho, com atenção especial para áreas protegidas, ambientes sensíveis, aquíferos aflorantes, bacias hidrográficas e espécies ameaçadas;
- Manifestações dos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (OEMAs): trechos mais relevantes das manifestações técnicas dos OEMAs, encaminhadas em resposta à solicitação da ANP dos Estados onde há oferta de blocos terrestres para a 12ª Rodada de Licitações.

Na Bacia do Paraná existem unidades de conservação muito próximas a blocos ofertados. As unidades de conservação nos arredores dos blocos são: Parque Nacional do Iguaçu, Parque Nacional de Ilha Grande, Parque Estadual Morro do Diabo, Parque Estadual do Rio Peixe, Área de Proteção Ambiental Ilhas e Várzeas do Rio Paraná, Reservam Biológica das Perobas, Estação Ecológica Mico Leão- Preto. Apesar de não haver sobreposição o grupo de trabalho aponta a necessidade de

atenção no processo de licenciamento ambiental uma vez que algumas delas protegem zonas úmidas e águas subterrâneas localizadas na mesma bacia hidrográfica onde as atividades a serem desenvolvidas irão interferir. Visto que todos os blocos ofertados na Bacia do Paraná estão sob área de aplicação da Lei da Mata Atlântica e de acordo com o art. 32 desta Lei a utilização de vegetação secundária em estágio avançado ou médio de regeneração para fins de uso de mineração só será admitida mediante: (i) licenciamento ambiental, com apresentação de um estudo prévio de Impacto ambiental/Relatório de Impacto Ambiental- EIA/RIMA; (ii) adoção de mediada compensatória que inclua a recuperação da área equivalente à área de empreendimento, com as mesmas características ecológicas e na mesma bacia hidrográfica.

Os blocos que se encontram na porção Norte da área estão integralmente inseridos no Aquífero de Bauru, caracterizado como um aquífero livre apresentando uma vulnerabilidade média. Já os blocos na parte sudeste estão inseridos 80% no Aquífero Serra Geral, este aquífero é fraturado o que permite uma boa circulação de água subterrânea, facilitando o seu uso, além de ser um importante protetor das águas subterrâneas do Aquífero Guarani que está localizado logo abaixo. Vale lembrar que os aquíferos Bauru e Serra Geral além da sua vulnerabilidade, em especial o Bauru, que já apresenta contaminação por nitrato em áreas urbanas do estado de São Paulo, são importantes no abastecimento humano. Essa Bacia apresenta uma ocorrência de 65 espécies ameaçadas.

Diante do exposto o GTPEG entende que o emprego dessas tecnologias de exploração e produção de gás não convencional requer um aprofundamento geológico de cada área específica que se pretende licitar, para que se tenha um ponto de partida para as avaliações ambientais necessárias para a realização desta atividade, o que não foi realizada até o momento.

Posto que essa produção ocasione uma pressão muito grande sobre os recursos hídricos nacionais e ainda ocasionar impactos negativos sobre os mesmos. Visto que para o Grupo, uma avaliação aprofundada sobre os recursos hídricos e as características geológicas associadas e de fundamental importância para a tomada de decisão para um balanço entre os recursos hídricos e energéticos.

Bem como essa exploração e produção de gás não convencional pelo método de fraturamento hidráulico e injeção de efluentes, não possui uma regulamentação adequada no país. O que gera insegurança tanto para a indústria como para a

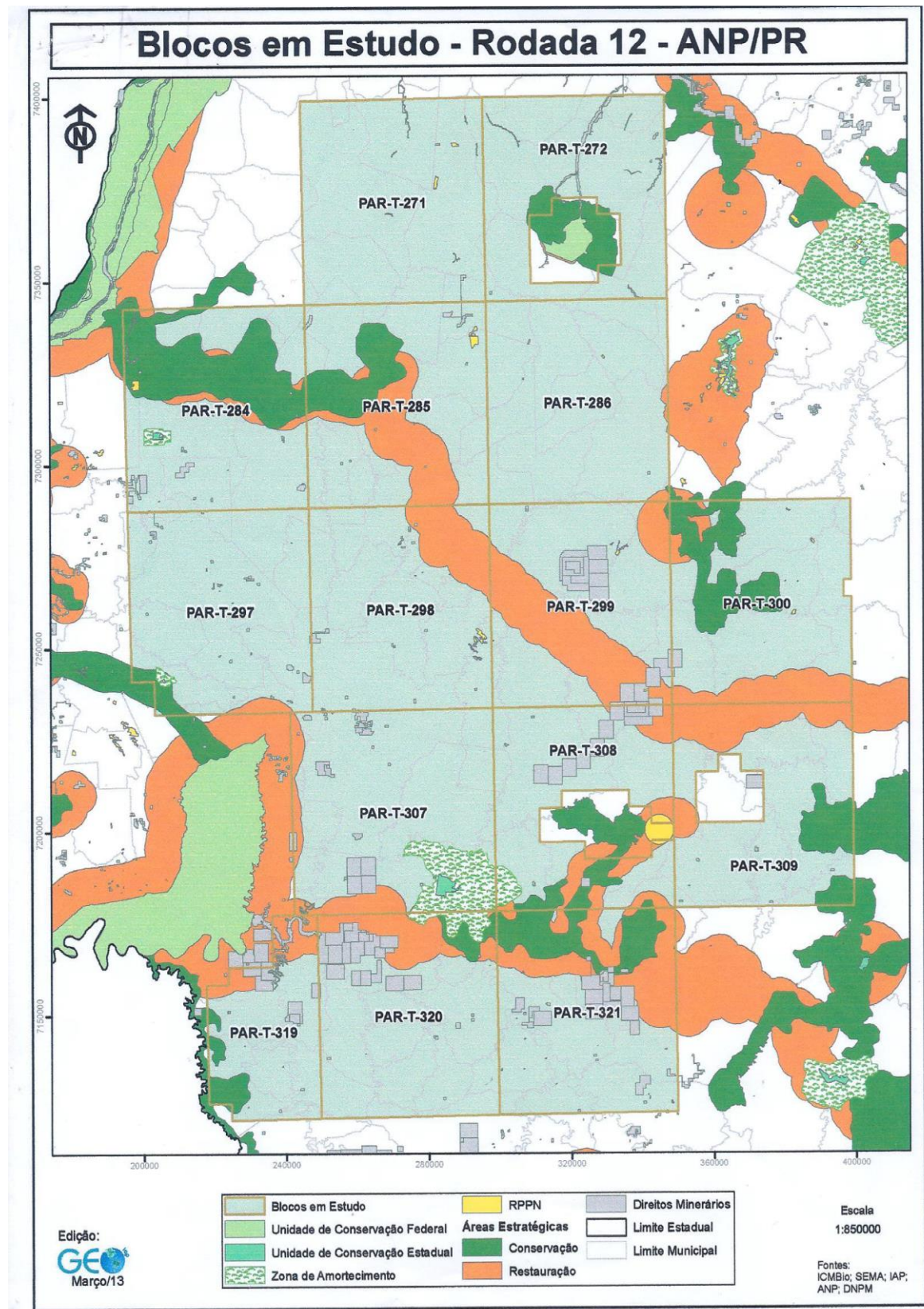
sociedade e órgãos de controle ambiental. De maneira que a regulamentação abrange desde normas inerentes a controle dos riscos da atividade, como a realização e monitoramento do fraturamento e projeto de poços terrestres, até os de maior foco ambiental, como a ecotoxicidade e biodegradabilidade para uso, descarte e disposição final do fluido de fraturamento (GTPEG, 2013).

Dito posto, as ofertas dos blocos para exploração de gás folhelho pelo método de fraturamento hidráulico foram realizadas sem um estudo bem detalhado dos impactos gerados por essa técnica, de forma que deixa muitas dúvidas e incertezas quanto a sua implantação e implementação aqui no Brasil.

6.4 PARECER IAP

O **IAP- Instituto Ambiental Paranaense** (2013) em resposta ao Ofício nº 085/SSM/2013 referente a 12ª Rodada de Licitações com blocos ofertados na Bacia do Paraná fez as seguintes considerações, conforme mostra a FIGURA 22.

FIGURA 22 - SOBREPOSIÇÃO DOS BLOCOS OFERTADOS NA 12ª RODADA DE LICITAÇÕES



FONTE: IAP (2013).

1. Em relação às Unidades de Conservação Estaduais (UCs), o IAP realizou a localização gráfico dos blocos ofertados e verificou a sobreposição em Unidade de Conservação Estaduais, além das Federais, áreas de Estratégicas para Conservação e Restauração da Biodiversidade e Terras Indígenas;
2. Quanto as UCs Estaduais ressaltam-se as Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPNs), Parques Estaduais, Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) e respectivas zonas de amortecimentos;
3. Foi solicitado que as áreas protegidas acima deverão ser retidas dos blocos propostos, pois as mesmas se encontram em encontram em espaços territoriais que devem ser preservados dos impactos causados pelas atividades da presente avaliação;
4. Foram verificadas sobreposição com Terras Indígenas e Corredores de Biodiversidade que deverão ter as normas ambientais legais atendidas;
5. Quanto ao licenciamento ambiental para a **fase de de pesquisa de campo**, o empreendedor deverá solicitar uma Autorização Ambiental junto ao IAP, mais especificamente na Diretoria de Controle de Recursos Ambientais –DIRAM (grifo do autor);
6. Para a **fase de exploração/ operação** do empreendimento deverá ser solicitado um Termo de Referência junto ao IAP/DIRAM para o processo de licenciamento prévio, sendo necessário o Estudo de Impacto Ambiental –EIA e o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA estando em conformidade com as normas ambientais estaduais e federal vigentes.

6.5 PARECER FUNAI

Em resposta a um Ofício nº 095/SSM/2012, de 8 de março de 2013 a Fundação Nacional do Índio- FUNAI, foi solicitada a fazer uma análise sobre um possível conflito e sobreposição entre Terras Indígenas e as áreas de estudo da 12ª Rodada de Licitações com base nas informações expostas pela Coordenação Geral de Identificação e Delimitação (CGID) e pela Coordenação Geral de Índios Isolados e Recém Contatados (CGIIRC) da Fundação.

Da qual foi constatada a sobreposição do Bloco exploratório na Bacia do Paraná com a Terra Indígena Xetá. Além deste Bloco, foi ressaltada a existência de

reivindicações fundiárias de outras áreas e reestudo de limites com outras Terras Indígenas, sendo a Kroalândia (Bacia de Parnaíba), Utiariti, Rio Formoso e Cidade de Pedra (Bacia de Parecis), Poyanawa, Campinas/ Katukina, Nukini e Kaxinawá da Colônia Vinte e Sete (Bacia do Acre), bem como nove registros de reivindicações fundiárias constantes na Bacia do Paraná.

Foi constatada também pela Fundação a presença de índios isolados na região de Blocos da Bacia Sedimentar do Acre, da qual não se recomenda qualquer tipo de atividade de exploração de petróleo e ou/ gás nos limites sul da Terra Indígena Vale do Javari, sob os afluentes da margem esquerda do rio Ipixuna com distância menor de 25 km.

Logo, foi recomendado a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (**ANP**), que as informações colocadas neste ofício, sejam consideradas no contexto da 12ª Rodada de Licitações.

O Ofício foi escrito em nome da Diretora Maria Augusta Boulitreau Assirati (FUNAI, 2013).

7 BIOGÁS: FONTE ENERGÉTICA ALTERNATIVA PARA A MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE

O primeiro relato sobre o biogás foi por volta de 1667, descoberto como “gás do pântano”, e depois de um século 1776, Alessandro Volta reconheceu a presença de metano no gás de pântano. Contudo foi somente em 1884, quando Pasteur apresentou o gás à Academia de Ciências, que a ideia de que este gás poderia ser usado como fonte de aquecimento e iluminação (JUNQUEIRA, 2014).

Segundo Bley Jr (2009), as atuais condições de urbanização e escalas de produção de proteína, com animais estabulados em áreas reduzidas, os efluentes gerados e manipulados pelas transformações humanas, em sua maioria acumula em solo e água, produzindo sinais de degradação, além da produção de gases de efeito estufa (GEE) pela biodigestão.

A biodigestão é o processo de formação do biogás, que acontece naturalmente com toda matéria orgânica, contudo é dentro do equipamento denominado biodigestor que o processo acontece e pode ser controlado, e assim seus produtos serem armazenados, para posterior utilização (OLIVEIRA, 2009).

O biogás é composto por uma mistura de basicamente metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), o biogás advém da biodigestão anaeróbica, processo usado para tratar consideráveis quantidade de resíduos, de maneira a controlar seu poder poluidor e riscos sanitários advindo dos mesmos, podendo ser tanto na sua forma líquida, quanto sólida (MACHADO, 2011), da qual se produz também como subproduto o biofertilizante, um adubo orgânico muito rico que apresenta teores de nitrogênio (N), de fósforo (P) e de potássio (K) (JUNQUEIRA, 2014).

O uso deste gás em larga escala possibilitaria que a humanidade diminuísse drasticamente o consume de combustíveis fósseis, além de mitigar o impacto dos dejetos lançados ao ambiente, transformando em um combustível que pode ser aproveitado para motores, aquecimento de caldeiras e fornos, turbinas à gás (OLIVEIRA, 2009).

Os biodigestores tem sido um grande aliado em granjas de suinocultura, de avicultura, frigoríficos e abatedouros (OLIVEIRA, 2009). Pois transformam o que antes não tinha um destino correto, em um combustível abundante e barato, utilizando na cogeração da energia, secagem de grãos, aquecimento de aviários, etc.

Ou fator significativo para a produção de biogás na Mesorregião Oeste Paranaense é de as temperaturas altas decorrentes do clima tropical faz com que os microrganismos detritívoros atuem continuamente, responsáveis pelo ciclo do carbono, da qual ocorre degradação da biomassa residual.

Em vista disso o biogás como uma alternativa energética renovável vem crescendo para substituir fontes energéticas não renováveis.

7.1 COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS E SEU PODER CALORÍFICO

O biogás constitui-se de uma mistura de vários gases, e essas propriedades podem variar conforme o material utilizado, dependendo geralmente da concentração de metano. Na TABELA 4 verifica-se a composição típica do Biogás.

TABELA 4- COMPOSIÇÃO TÍPICA DO BIOGÁS

<i>Elemento</i>	<i>Porcentagem (%)</i>
Metano (CH ₄)	50 a 70
Dióxido de Carbono (CO ₂)	25 a 50
Nitrogênio (N)	0 a 7
Hidrogênio (H)	0 a 1
Gás Sulfídrico (H ₂ S)	0 a 3
Oxigênio (O ₂)	0 a 2
Amoníaco (NH ₃)	0 a 1

FONTE: Adaptado Machado, 2011.

Na TABELA 5 é possível verificar a equivalência do biogás em relação a outros combustíveis.

TABELA 5- EQUIVALÊNCIA ENERGÉTICA DO BIOGÁS (1m³), COMPARADA A OUTRAS FONTES DE ENERGIA

ENERGÉTICO	SGANZERIA (1983)	NOGUEIRA (1986)	DEGANUTTI (2002)	BARRERA (2003)
Gasolina (1)	0,61	0,61	0,61	0,61
Querosene (1)	0,58	0,62	0,57	0,58
Diesel (1)	0,55	0,55	0,55	0,55
Glp (Kg)	0,45	0,43	0,45	0,45
Álcool (1)	0,79	0,80	0,79	0,79
Carvão mineral (Kg)	0,74	0,74	-	-
Lenha (Kg)	1,52	3,50	1,53	1,54
Eleticidade (kWh)	1,43	-	1,42	1,43

FONTE: Adaptado de Oliveira (2009), Machado (2011) e Junqueira (2014).

TABELA 6- PROPRIEDADE FÍSICAS E QUÍMICAS DO METANO

Peso Molecular	16,04 u.m.a
Ponto de ebulição, a 1,00 atm	-161,49°C
Ponto de congelamento, a 1,00 atm	-182,48°C
Pressão crítica	45,84 atm
Temperatura crítica	-82,50°C
Peso específico (0°, 1,00 atm)	0,718 kg/m ³
Poder calorífico superior (0°, 1,00 atm)	9.520,00 kcal/m ³
Poder calorífico inferior (0°, 1,00 atm)	8.550,00 kcal/m ³
Relação ar/combustível	9,53 litros/litro
Limites de inflamabilidade	5,00 a 15,00% em vol.
Número de octanos	130,00
Temperatura de ignição	650,00 °C
Energia para ignição	300,00 µJ
Velocidade de chama	0,40m/s

FONTE: Oliveira (2009).

Segundo afirma Coldebella (2006) geralmente a concentração de metano no biogás apresenta em torno de 65%. Tendo um poder calorífico entre 4,95 a 7,92 kWh/m³, em uma concentração de 50 a 80% de metano.

Pressupondo de que em média a concentração de metano no biogás seja de 65%, e que em 1m³ de metano se obtém os poderes caloríficos contidos na TABELA 6. Obtém-se que em 1 metro cúbico de biogás temos (sabendo-se que 1 kWh equivale a 859,85 kcal):

$$0,65 \times 9.520 \text{ kcal/m}^3 = \mathbf{6.188 \text{ kcal/m}^3} \text{ (Poder calorífico superior, PCS)}$$

$$\text{Ou } 6.188 \div 859,85 = \mathbf{7,20 \text{ kWh/m}^3}$$

$$0,65 \times 8.550 \text{ kcal/m}^3 = \mathbf{5.557,5 \text{ kcal/m}^3} \text{ (Poder calorífico inferior, PCI)}$$

$$\text{Ou } 5.557,5 \div 859,85 = \mathbf{6,46 \text{ kWh/m}^3}$$

7.2 ESTIMATIVA DO POTENCIAL ENERGÉTICO DO BIOGÁS NA MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE

Na TABELA 7 observa-se a produção anual de animais na Mesorregião Oeste Paranaense no ano de 2014. Por seguinte a TABELA 8 consta com o potencial de geração de dejetos e produção de biogás por espécie de animal.

TABELA 7 - PRODUÇÃO ANUAL ANIMAL NA MESORREGIÃO OESTE DO PARANÁ

AGROPECUÁRIA	FONTE	ANO	REGIÃO OESTE
Bovinos (cabeças)	IBGE	2014	1.168.133
Galináceos (cabeças)	IBGE	2014	88.654.080
Suínos (cabeças)	IBGE	2014	3.540.150

FONTE: Adaptado do IPARDES (2014).

TABELA 8- POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DIFERENTES RESÍDUOS ANIMAIS

ESPÉCIE ANIMAL E CONDIÇÃO DE CRIAÇÃO	ESTERCO kg/animal/dia	BIOGÁS m³/ animal/dia
Bovino estabulado	30,00	1,11
Bovino semiestabulado	15,00	0,56
Bovino não estabulado	10,00	0,36
Suíno leitão	2,30	0,18
Suíno adulto	5,80	0,33
Galinha poedeira	0,14	0,02
Frango de corte	0,05	0,01

FONTE: Lucas Jr, e Silva¹⁷ (2005 apud BLEY JUNIOR et al., 2009)

Considerando o número de cabeças na Mesorregião Oeste Paranaense para bovinos, suínos e galináceos conforme especificado na TABELA 7, e utilizando os valores da TABELA 8, converte-se o quanto em média se produz de biogás por dia especificado na TABELA 9, obtendo-se os valores de produção de potencial de produção de biogás especificado na TABELA 10.

¹⁷LUCAS JR. E SILVA. (2005). Biogás - Produção e utilização, Rio Claro: Unesp.

TABELA 9 - MÉDIA DO COEFICIENTE DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR ESPÉCIE

Espécie de animal e condições de criação	Média do coeficiente de produção biogás/dia/m ³
Bovinos	0,68
Suínos	0,26
Galináceos	0,02

FONTE: O autor (2016).

TABELA 10 - PRODUÇÃO POTENCIAL DIÁRIA E ANUAL DE BIOGÁS NA MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE

Animal	Mesorregião oeste paranaense	Média do coeficiente de produção	Produção diária de biogás/ m ³ / dia	Produção anual de biogás/ m ³ / ano
Bovinos (cabeças)	1.168.133	0,68	794.330	289.930.611
Suínos (cabeças)	3.540.150	0,26	920.439	335.960.235
Galináceos (cabeças)	88.654.080	0,02	1.773.081	647.174.784

FONTE: O autor (2016).

8 COMPOSIÇÃO DO GÁS DE FOLHELHO E PODER CALORÍFICO

Segundo Lima (2014), a composição química do gás de folhelho é semelhante à do gás natural convencional. A predominância é do composto metano (CH_4), porém em menores quantidade apresenta concentração de etano (C_2H_6), propano (C_3H_8), butano (C_4H_{10}) e outros hidrocarbonetos. Pode haver ainda presença de vapor de água (H_2O), ácido sulfídrico (H_2S) e dióxido de carbono (CO_2), conforme a TABELA 11.

TABELA 11 - COMPOSIÇÃO TÍPICA DO GÁS DE FOLHELHO

Composição química típica do gás de folhelho		
Elemento	Fórmula	Porcentagem %
Metano	CH_4	75-97
Etano	C_2H_6	2-18
Propano	C_3H_8	0-4
Butano	C_4H_{10}	0-5
Pentano	C_5H_{12}	0-0,5
Dióxido de Carbono	CO_2	0-3
Nitrogênio	N_2	0-7
Ácido Sulfídrico	H_2S	0-3
Água	H_2O	-

FONTE: Adaptado de Lima (2014).

Como dito anteriormente o gás natural pode variar sua composição conforme ele é extraído, o tratamento utilizado, dentre outros fatores. No entanto sua composição química é muito semelhante à do gás de folhelho, apresentando em torno de 90% de metano (CH_4) na sua composição, o restante de etano (C_2H_6), propano (C_3H_8), butano (C_4H_{10}) dentre outros, como observado na TABELA 12.

TABELA 12 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA TÍPICA DO GÁS NATURAL

Composição química típica do gás natural		
Elemento	Fórmula	Porcentagem %
Metano	CH ₄	65-95
Etano	C ₂ H ₆	0-18
Propano	C ₃ H ₈	0-18
i-Butano	C ₄ H ₁₀	0-18
n-Butano	C ₄ H ₁₀	0-18
i-Pentano	C ₅ H ₁₂	0-1.5
n-Pentano	C ₅ H ₁₂	0-1.5
Dióxido de Carbono	CO ₂	0-8
Nitrogênio	N ₂	0-5.5
Ácido Sulfídrico	H ₂ S	0-5
Oxigênio	O ₂	0-0.2
Gases Raros ¹⁸	Ar, He, Ne, Xe	-
Água ¹⁹	H ₂ O	-

FONTE: Adaptado de Lima (2014).

Sendo assim, considerando que a composição química do gás de folhelho é semelhante à de gás natural, e visto que em sua composição predomina-se em torno de 90% de metano, pode-se utilizar o poder calorífico do gás natural da TABELA 6 como referência. Suponhamos que, em 1 m³ de gás de folhelho, temos:

$0,90 \times 9.520 \text{ kcal/m}^3 = \mathbf{8.568 \text{ kcal/m}^3}$ (PCS – Poder calorífico superior)
ou $8.568 \div 859,85 = \mathbf{9.96 \text{ kWh/m}^3}$

$0,90 \times 8.550 \text{ kcal/m}^3 = \mathbf{7.695 \text{ kcal/m}^3}$ (PCI – Poder calorífico inferior)
ou $7.695 \div 859,85 = \mathbf{8,95 \text{ kWh/m}^3}$

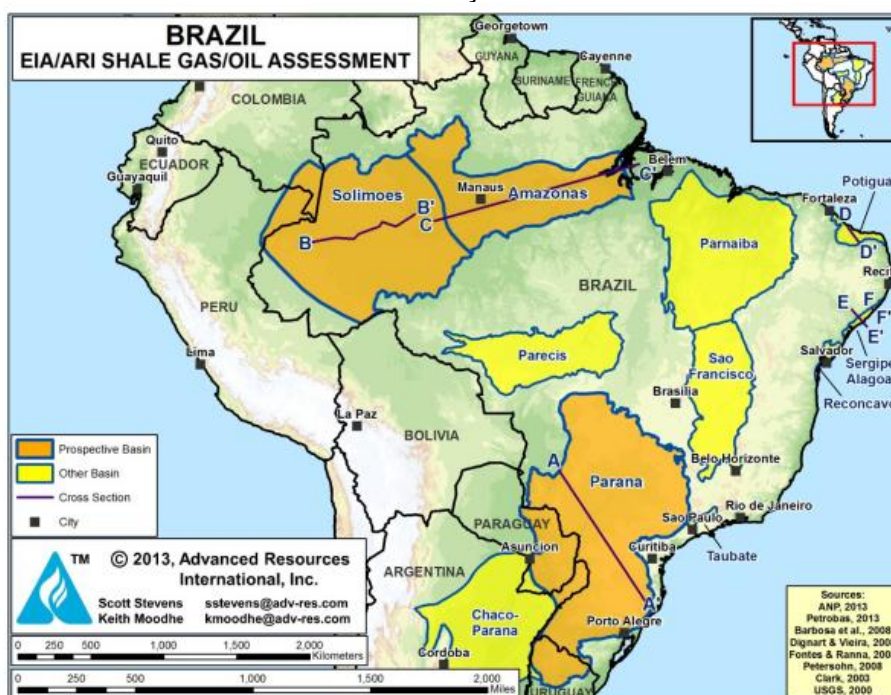
8.1 ESTIMATIVA DO POTENCIAL ENERGÉTICO DO GÁS DE FOLHELHO NA MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE

Na FIGURA 23, apresenta-se as bacias mais promissoras em gás de folhelho no Brasil.

¹⁸ Os dados são muito baixos ou quase imensuráveis, por isso não consta valores na tabela.

¹⁹ Os dados são muito baixos ou quase imensuráveis, por isso não consta valores na tabela.

FIGURA 23 – BACIAS E FORMAÇÕES DE FOLHELHO NO BRASIL



FONTE: EIA (2013).

Na TABELA 13, observam-se as estimativas de gás de folhelho e óleo nas bacias do Paraná, Solimões e Amazonas, e o quanto pode ser tecnicamente recuperável

TABELA 13 - ESTIMATIVA DAS QUANTIDADE DE GÁS DE FOLHELHO EXISTENTES NAS BACIAS NO BRASIL

Bacias	Formação	EXTIMATIVA DE RECURSO DO LOCAL		RECURSO TECNICAMENTE RECUPERÁVEL	
		Gás (bilhões m³)	Óleo (bilhões m³)	Gás (bilhões m³)	Óleo (bilhões m³)
Bacia do Paraná	Ponta Grossa	12,74	17,01	2,27	0,68
Bacia de Solimões	Jandiatuba	9,15	1,11	1,84	0,05
Bacia da Amazonas	Barreirinha	14,36	3,02	2,83	0,13
TOTAL		36,24	21,14	6,94	0,85

FONTE: Adaptado de Lima (2014).

Analisando a TABELA 13 acima, verifica-se que na Bacia do Paraná estima-se um potencial de obtenção (tecnicamente recuperável), de 2,27 bilhões de metros cúbicos.

Reportando-se ao Tópico 4.2 desta dissertação, os blocos ofertados na 12ª Rodada de Licitações estão localizados nas regiões centro-sul, oeste e sudoeste do Estado do Paraná, correspondendo ao equivalente a 24% da área total ofertada no leilão.

Vamos estimar então que o potencial de gás que poderia ser tecnicamente recuperável para a Mesorregião Oeste Paranaense seja o seguinte:

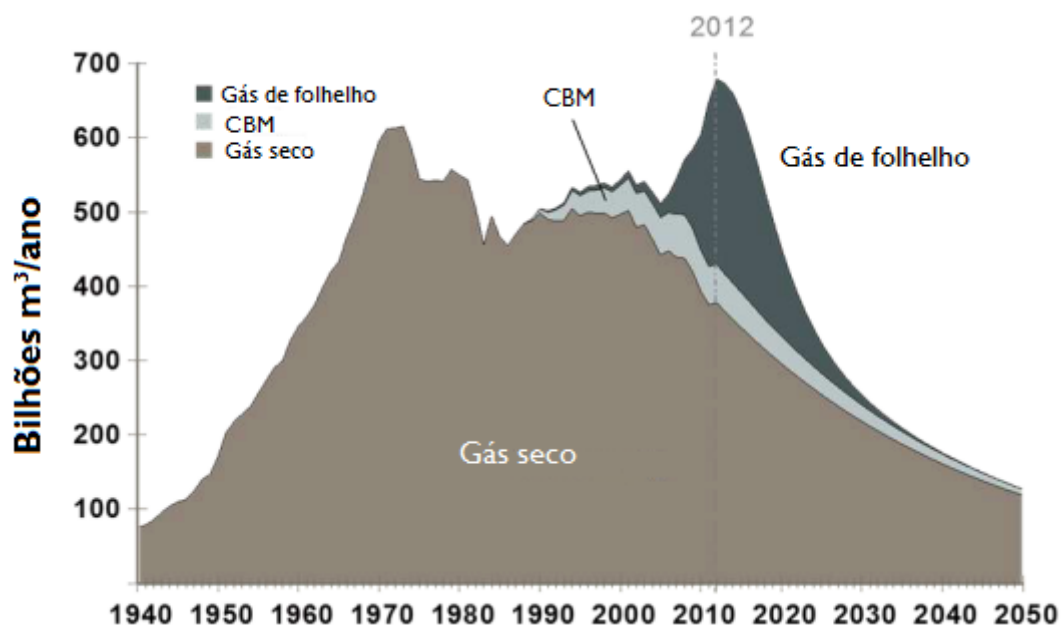
$$0,24 \times 2,27 \text{ bilhões} = 544,8 \text{ milhões m}^3$$

Reportando-se à Figura 7, os blocos ofertados no Paraná correspondem *grossa modo* àqueles localizados na Mesorregião Oeste Paranaense.

Após essa constatação, pode-se perguntar desses 544,8 milhões de m³ obtidos, quanto poderia ser extraído anualmente?

Segundo Zittel et al (2013), as reservas de gás de folhelho no mundo tiveram um pico em 2012 e devem durar até 2050, como ilustrado na FIGURA 24.

FIGURA 24 - CENÁRIO DE PRODUÇÃO DE GÁS ATÉ 2050 NOS ESTADOS UNIDOS: GÁS DE FOLHELHO, METANO EXTRAÍDO DO CARVÃO E GÁS CONVENCIONAL (GÁS SECO)



FONTE: Adaptado de Zittel et al (2013).

Dessa forma, se a Mesorregião Oeste Paranaense tiver uma reserva de 544,8 milhões de metros cúbicos, e se o gás de folhelho for extraído de maneira uniforme de 2016 até 2050 (34 anos), obteremos então, em termos médios,

$$544,8 \text{ milhões m}^3 \div 34 \text{ anos} = \mathbf{16.023.529 \text{ m}^3/\text{ano}}$$

8.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS POTENCIAIS ENERGÉTICOS OBTIDOS DO BIOGÁS E GÁS DE FOLHELHO

Na TABELA 14, verifica-se a estimativa de produção anual em até 34 anos de biogás e de gás de folhelho na Mesorregião Oeste Paranaense.

Percebe-se que se a produção de biogás for uniforme durante os 34 anos, sua estimativa passa bem à frente da produção de gás de folhelho, como observa-se na Tabela 14.

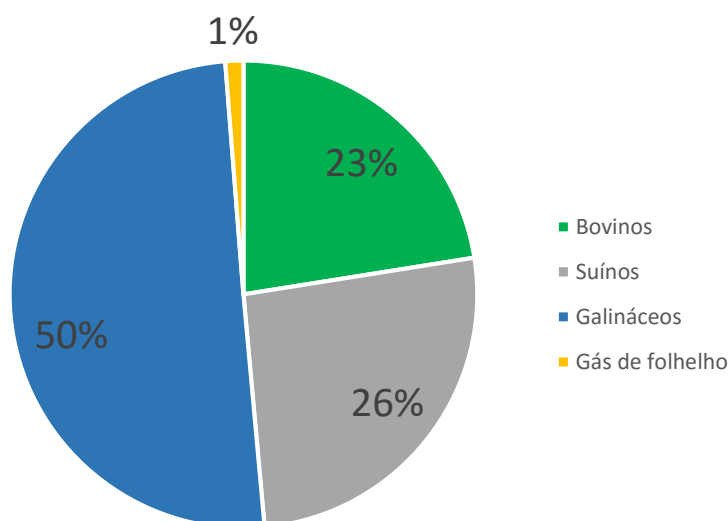
TABELA 14 - POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E GÁS DE FOLHELHO EM 34 ANOS
(Considerando que o plantel da Mesorregião Oeste Paranaense permaneça fixo)

	Anos			
	1º ano (m³)	10 anos (m³)	20 anos (m³)	34 anos (m³)
Biogás				
Bovinos	289.930.611	2.899.306.100	5.798.612.200	9.857.640.740
Suínos	335.960.235	3.359.602.350	6.719.204.700	11.422.647.990
Galináceos	647.174.784	6.471.747.840	12.943.495.680	22.003.942.660
Gás de folhelho	16.023.529	160.235.290	320.470.580	544.800.000

FONTE: O autor (2016).

Na FIGURA 25, visualiza-se um gráfico de produção de biogás e gás de folhelho em 34 anos em porcentagem.

FIGURA 25 - PERCENTUAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS VERSUS GÁS DE FOLHELHO EM 34 ANOS



FONTE: O autor (2016).

Nessa FIGURA 25, observa-se que 99% é possível se obter da produção do biogás em um total de 34 anos, contando com uma produção uniforme, em contrapartida de 1% do gás de folhelho.

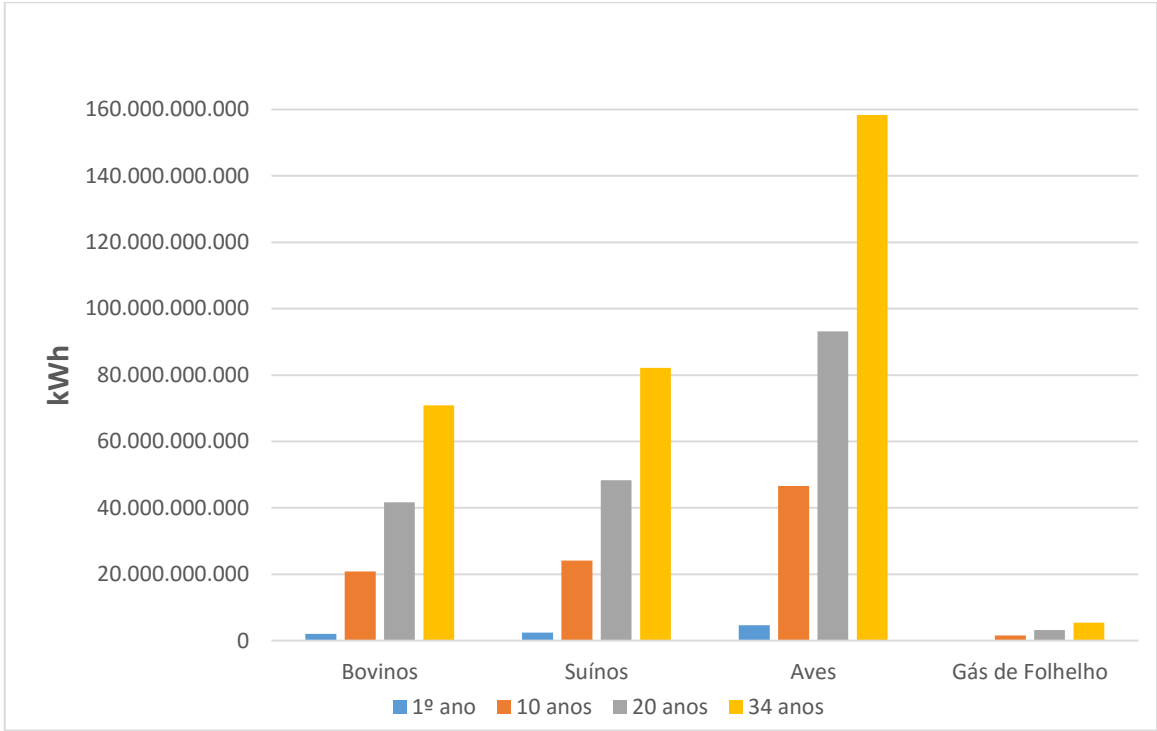
Na Tabela 15 abaixo, utilizando os dados de produção da TABELA 14, com o potencial calorífico específico de cada produto (PCS do Biogás – 6.188 kcal/m³; PCS do gás de folhelho – 8.568 kcal/m³) e dividindo por 859,85 kcal, verifica-se o potencial de cada produto em kWh.

TABELA 15 - POTENCIAL ENERGÉTICO DE FONTES DE BIOGÁS VERSUS PRODUÇÃO DE GÁS DE FOLHELHO NA MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE EM kWh

	ANOS			
	1º ano (kWh)	10 (kWh)	20 (kWh)	34 (kWh)
Bovinos	2.086.515.812	20.865.158.119	41.730.316.238	70.941.537.605
Suínos	2.417.772.791	24.177.727.908	48.355.455.816	82.204.274.888
Galináceos	4.657.460.677	46.574.606.773	93.149.213.546	158.353.663.029
Gás de folhelho	159.666.914	1.596.669.145	3.193.338.290	5.428.675.234

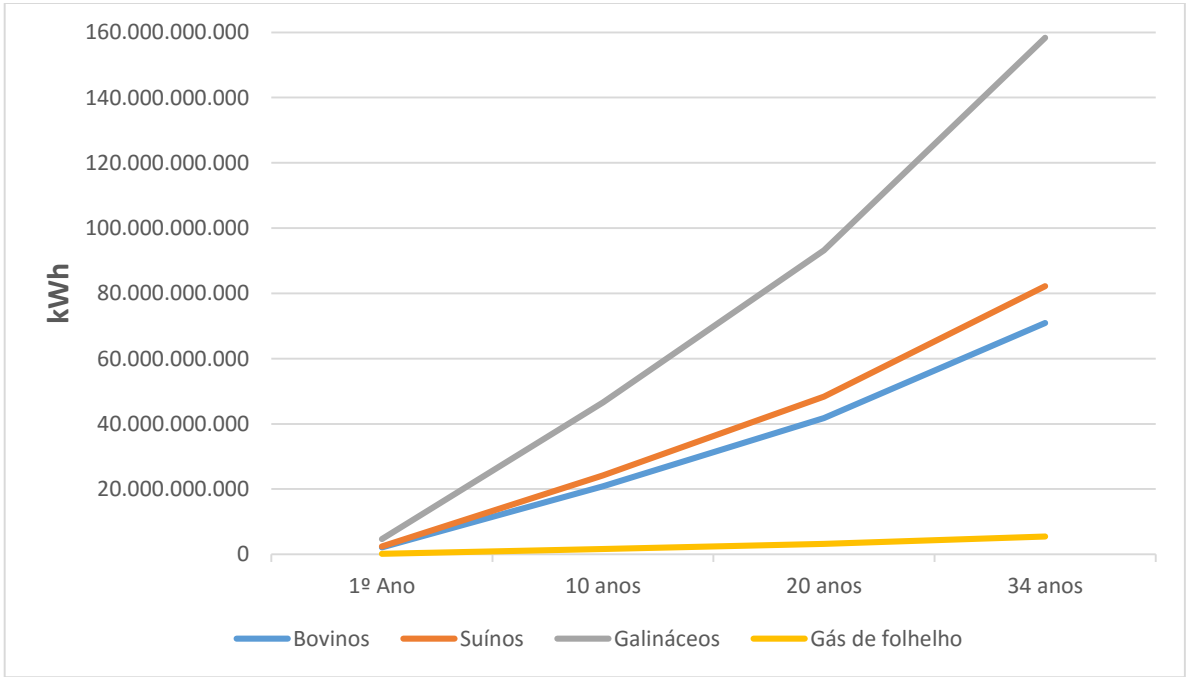
FONTE: O autor (2016).

FIGURA 26- BIOGÁS VERSUS GÁS DE FOLHELHO (KWH)

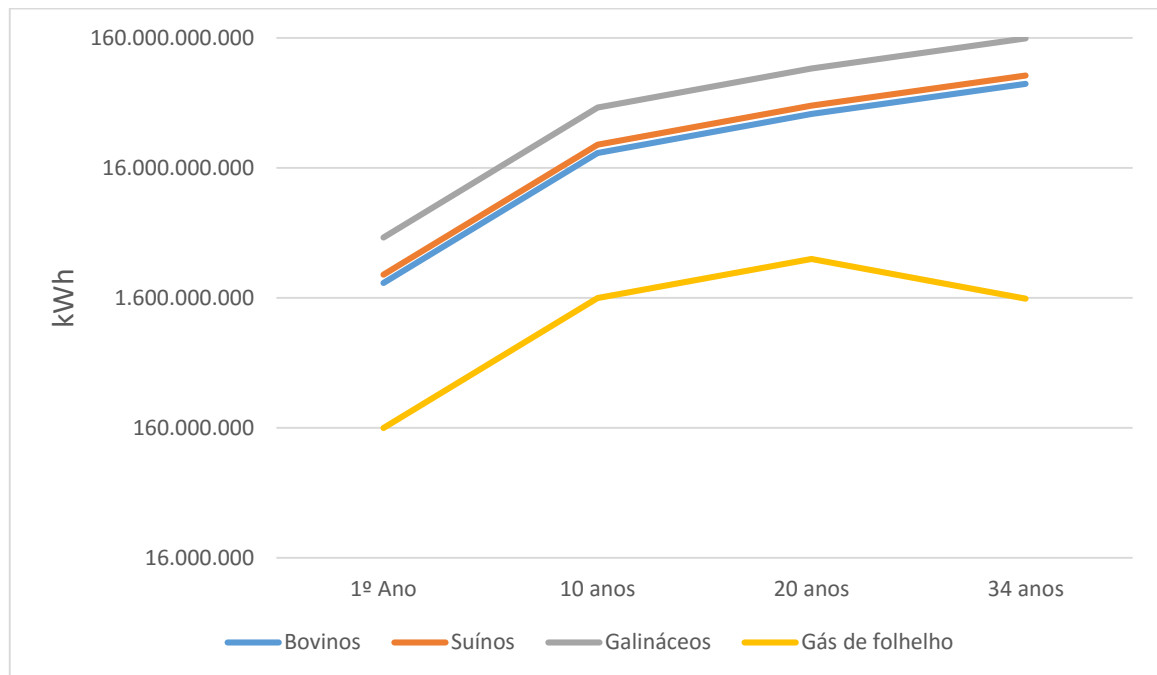


FONTE: O autor (2016).

FIGURA 27- BIOGÁS VERSUS GÁS DE FOLHELHO 2 (KWH)



FONTE: O autor (2016).

FIGURA 28– BIOGÁS *VERSUS* GÁS DE FOLHELHO 3 (KWH)

FONTE: O autor (2016).

9 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por ser um assunto relativamente novo no Brasil, tanto as autoridades quanto os investidores buscam respostas mais concretas para questões relacionadas aos impactos e implicações que os mesmos podem causar ao meio ambiente e à sociedade. No entanto muitos casos já foram observados em outros países que utilizaram deste método, e as consequências, muitas delas são irreversíveis. Além de, requerer um grande aparato tecnológico para a extração desse gás, o investimento é alto, uma vez que a vida útil dos poços é curta, em menos de um ano chegam a perder 90% de sua capacidade, necessitando novas perfurações para que a quantia captada seja boa.

O Brasil tem condições de investir em outras tecnologias que são menos agressivas ao ambiente, e uma delas é a produção de biogás utilizando de resíduos agroindustriais que antes eram altamente poluentes e que passam a gerar energia e ao mesmo tempo auxiliam no tratamento dos resíduos e na melhoria no local de geração.

A partir da estimativa calculada no capítulo 7 foi possível ter uma estimativa de quanto pode ser produzido de biogás na Mesorregião Oeste Paranaense em relação à produção de gás de folhelho que poderá ser coletada na Mesorregião. Observa-se a diferença significativa dos valores obtidos, uma vez que a produção de biogás na Mesorregião gera em torno de 99% em relação ao 1% do gás de folhelho.

Isso enfatiza ainda mais a necessidade de não adotar essas alternativas energéticas fósseis altamente poluentes, visto que em locais que adotaram essa tecnologia ocorreram grandes problemas sejam de saúde, de poluição e de degradação do meio ambiente, muitos irreversíveis.

Disto pode perguntar-se: será válido ainda a partir de todos os pressupostos colocados adotar essa tecnologia invasiva na Mesorregião Oeste Paranaense?

O Juiz Federal do Paraná Leonardo Cacao Santos La Bradbury, de Cascavel, conseguiu suspender a ação da ANP com a Medida de Liminar para a não exploração do gás xisto no Paraná, como disposto no capítulo 6. E posteriormente vários municípios criaram o Projeto de Lei para não permitirem liberação de alvará para as empresas terem a permissão de exploração do gás de folhelho na região.

Por mais que a ANP afirme que a decisão de suspensão cause danos imediatos à economia, devido aos investimentos e gastos já efetuados, o desembargador federal Cândido Alfredo Leal, diante dos argumentos posto pela Agência, pondera que apesar dos impactos econômicos com a suspensão das licitações "não se pode atropelar o meio ambiente".

Para isso se faz necessário um estudo avançado de pesquisa e desenvolvimento das tecnologias a serem utilizadas no processo, bem como preparação e capacidade dos órgãos ambientais para receber as demandas referentes às operações de licenciamento e fiscalização.

No entanto o que se vê ao redor do mundo, é que a história se repete. Problemas com a produção de alimentos, vinhos ou mesmo uso da água para abastecimento das populações das regiões que aceitaram a implantação dessa tecnologia, sofreram com a contaminação da água, do solo, problemas de saúde, perda da biodiversidade, como relatados nos casos do capítulo 5.

Não é preciso seguir os mesmos caminhos, se já sabe quais são os perigos encontrados a frente.

Deve-se repensar sobre a matriz energética baseada em combustíveis fósseis se queremos manter a temperatura global dentro dos 2º C propostos na COP 21 em dezembro de 2015, em que se reuniram 195 nações que integram a Convenção da Nações Unidas sobre mudanças climáticas, e sim procurar inserir novas fontes energéticas renováveis que venha a mitigar os impactos causados ao meio ambiente.

Uma fonte a ser aproveitada é o biogás, que ao ser produzido reduz o efeito dos seus dejetos dispostos ao ambiente que são altamente nocivos, em um ganho energético. Visto que a Mesorregião Oeste Paranaense tem grande potencial para essa produção.

Por fim, fica o pensamento de que nada está acabado, e sim apenas o começo para pensarmos sobre o nosso futuro comum. E buscar sempre o melhor para seguir com a sobrevivência e equilíbrio do ser humano com a natureza, fazendo dela um aliado e não somente uma fonte de riquezas, sem deixar de pensar sobre o melhor que deixaremos para o futuro do nosso planeta.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **RESOLUÇÃO ANP Nº 21, DE 10.4.2014 - DOU 11.4.2014**. Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2014/abril/ranp_21_2014.xml?fn=document-frameset.htm\\$f=templates\\$3.0](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2014/abril/ranp_21_2014.xml?fn=document-frameset.htm$f=templates$3.0)>. Acesso em: 15 jul. 2015.

_____. **Bacia do Paraná**. Brasil 12ª Rodada de Licitações de Petróleo e Gás. Disponível em: http://brasilrounds.gov.br/arquivos/Seminarios_R12/apresentacao/r12_06_parana.pdf. Acesso em: 15 de jan. 2016.

ALMEIDA, V. R. de. **Geografia do Paraná**. [S.l.]: AMF Pré-Vestibular, [s.d.]. 39 p.

BRANCO, S. M. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Moderna, 2002.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. (EPE). **Balanço energético nacional 2015: ano base 2014. [Empresa de Pesquisa Energética,]** Rio de Janeiro: EPE, 2015.

_____. _____. _____. **Nota técnica DEA 29/14: abordagem socioambiental da expansão da produção de petróleo e gás natural**. Rio de Janeiro, 2014.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Grupo de Trabalho Interinstitucional de Atividades de Exploração e Produção de Óleo e Gás (GTPEG). **Parecer técnico GTPEG nº 03/2013**. 61 f. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.brasilrounds.gov.br/arquivos/Diretrizes_Ambientais_GTPEG_12a_Rodada/Parecer/Parecer_GTPEG_R12.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2016.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Disponível em: <http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>. Acesso em: 20 de fev. 2016

_____. Ministério Público Federal. **Ação Civil Pública Ambiental com Pedido de Liminar**. Cascavel, 2014. Disponível em: <http://cbhpp.org/files/2014/08/11-Acao-civil-publica-MPF-PR-peti%C3%A7%C3%A3o-inicial.pdf>. Acesso em 15 de agosto. 2016

BURSZTYN, M.; BURSZTYN, M. A. **Fundamentos de política e gestão ambiental: caminhos para a sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2013.

CAVA, L. T. **“Gás de xisto” (shale gas)**. Mimeo. c2014. Disponível em: <<http://www.documentador.pr.gov.br/documentador/pub.do?action=d&uuid=@gtf-escriba-minerop@02e13a15-57c8-41a7-a1cc-8124166370e6>>. Acesso: 13 jul. 2015.

COLDEBELLA, A. **Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais**. Dissertação (Engenharia Agrícola), Universidade Estadual do Paraná, Cascavel, 2006.

CORADESQUI, S. e SANTOS, P. R. D dos. **Análise de Viabilidade Econômica da Produção de Shale Gas: Um Estudo de Caso em Fayetteville – Rio de Janeiro: UFRJ/ESCOLA POLITÉCNICA**, 2013.

COSTA, H.S. Mudanças climáticas versus interesses privados. **EcoDesenvolvimento**. Editorias/Mudanças climáticas. 20 jan. 2016. Disponível em: <http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2016/posts/janeiro/artigo-mudancas-climaticas-versus-interesses?tag=clima>. Acesso: 10 maio. 2016.

ENVIRONMENTAL PROTECT AGENCY (EPA). **Uni Assessment of the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing for Oil and Gas on Drinking Water Resources**. Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Washington, 2015.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA). **Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources : An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States**. U.S. Departament of Energy, Washington, 2013.

FUNDAÇÃO NACIONAL DO ÍNDIO (Funai). **Ofício**. Brasília, 2013. Disponível em: http://brasilrounds.gov.br/arquivos/Diretrizes_Ambientais_GTPEG_12a_Rodada/Paracer/Parecer_Funai.pdf. Acesso: 10 de ago. 2015.

G1 PARANÁ. Oeste e Sudoeste RPC. **Justiça suspende licitações para exploração de gás xisto no Paraná**: Decisão atende pedido do MP, que alerta para os perigos do ‘fracking’. Notícias em Oeste e Sudoeste. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/2014/06/justica-suspende-licitacoes-para-exploracao-de-gas-xisto-no-parana.html>>. Acesso: 7 jul. 2015.

GOLDEMBERG, J. **Energia, meio ambiente & desenvolvimento**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

GOMES, M. J. **Estudo do mercado brasileiro de gás natural contextualizado ao shale gas**. Trabalho de Diplomação (Engenharia Química). iv, 28 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Engenharia, Porto Alegre, 2011.

GUEVARA, A. J. H. et al. **Consciência e desenvolvimento sustentável nas organizações**: reflexões sobre um dos maiores desafios da nossa época. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). **Parecer Ambiental**: Curitiba: IAP, 2013. Disponível em: http://brasil-rounds.gov.br/arquivos/Diretrizes_Ambientais_GTPEG_12a_Rodada/Parana/IAP_Parecer_Ambiental.pdf. Acesso: 10 ago. 2015

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (Ipardes). **Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social**. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/base_fisica/relacao_mun_micros_mesos_parana.pdf. Acesso: 26 ago. 2015.

_____. **Perfil da Região Geográfica Oeste Paranaense**. c2015. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/perfil_municipal/MontaPerfil.php?codlocal=706&btOk=ok. Acesso: 11 fev. 2016.

_____. **Leituras regionais**: Mesorregião Geográfica Oeste Paranaense. Curitiba: Ipardes, Banco Regional de Desenvolvimento Econômico, 2003.

_____. **Paraná em Números**. c2015. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=1. Acesso: 5 jan. 2016.

_____. **PIB do Paraná**. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/base_economica/pib_pr.jpg. Acesso: 7 jan. 2016.

_____. **PIB per capita Municipal**. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/base_economica/pib_per_capita.jpg. Acesso: 7 jan. 2016.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Brazil (partner country)**. Disponível em: <http://www.iea.org/countries/non-membercountries/brazil/>. Acesso: 20 abr. 2014.

ISENMANN, A. F. **Fracking**. Mimeo. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Campus Timóteo, c2014. Disponível em: <http://www.timoteo.cefetmg.br/site/sobre/cursos/quimica/repositorio/artigos/arq/Fracking.pdf>. Acesso: 11 fev. 2016.

JACKSON, R. B. et al. Increased stray gas abundance in a subset of drinking water wells near Marcellus shale gas extraction. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 110, n. 28, p. 11250–5, 2013.

JASPER, F. Paraná terá maior investimento em exploração de gás natural. **Gazeta do Povo**. Economia. 28 de nov. 2013. Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/economia/parana-tera-maior-investimento-em-exploracao-de-gas-natural-45qfjh1gc36mdzhjz3u7v8wum>. Acesso: 10 de maio. 2014

JUNQUEIRA, S. L. C. D. **Geração de energia através de biogás proveniente de esterco bovino**: estudo de caso na fazenda aterrado. Universidade do Rio Janeiro, Departamento de Engenharia Mecânica DEM/POLI/UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.

KIVIAT, E. Risks to biodiversity from hydraulic fracturing for natural gas in the Marcellus and Utica shales. **Annals of the New York Academy of Sciences**, New York, v. 1286, n. 1, p. 1–14, 2013.

LAGE, E. S. et al. Gás não convencional: experiência americana e perspectivas para o mercado brasileiro. **BNDES Setorial**, n. 37, p. 33–88, 2013.

LIMA, C. F. O de. **Possibilidade e rentabilidade da utilização do gás de xisto em Portugal**. Mestrado em Engenharia Mecânica- Energia. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014.

MACHADO, C. R. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de exposição ao ar**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

MARCONI, M. A. e LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas 2003.

McDERMOTT-LEVY, R.; KAKTINS, N.; SATTTLER, B. Fracking, the environment, and health. **American Journal of Nursing**, Philadelphia, v. 113, n. 6, p. 45–51, June 2013.

MENDES, E. A. A. *et al.* Mananciais subterrâneos no estado do Paraná. **Águas Subterrâneas**, Suplemento: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo, 20 p. 1–20, 2002.

MOUALLEM, C. *et al.* Perspectives for use of hydraulic fracturing in oil and gas production. **REM: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 67, n. 4, p. 373–378, 2014.

NOBRE, C. A. **Fundamentos científicos das mudanças climáticas**. São José dos Campos, SP: Rede Clima/INPE, 2012.

O POVO ONLINE. Economia. **Justiça do Paraná nega recurso da ANP sobre licitações**. Disponível em: <http://www.opovo.com.br/app/economia/ae/2014/06/23/noticiaseconomiaae,327132171320/justica-do-parana-nega-recurso-da-anp-sobre-licitacoes.shtml>. Acesso: 1

jan. 2015.

OLIVEIRA, R. D e. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbica de dejetos em abatedouros e as possibilidades no mercado de carbono.** Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

PEDUZZI, P.; HARDING, R. Gas fracking: can we safely squeeze the rocks? Article reproduced from United Nations Environment Programme (UNEP) Global Environmental Alert Service (GEAS). **Environmental Development**, Amsterdam, v. 6, p. 86–99, April 2013.

PRODANOV, C.C e FREITAS, E. C de. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PHILIPPI, A. Jr. **Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais** / A. Philippi Jr., C. E. M. Tucci, D. J. Hogan, R. Navegantes. São Paulo: Signus, 2000.

REIS, L. B. dos; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável.** 2. ed. Barueri: Manole, 2012.

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN21). **Renewables 2015 Global Status Report.** Paris: REN 21 Secretariat, 2015.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. **Estudos Avançados**, 2012.

SACHS, I. Sociedade, Cultura e Meio Ambiente. **Mundo & Vida** vol.(2), 2000. França: Escoles de Hautes Etudes em Sciences Sociales.

SENGE-PR “Investimento estratégico” da Copel pode por em risco o futuro do Paraná. Sindicato dos Engenheiros no Estado do Paraná. **Jornal O Engenheiro**, Curitiba, v. 114, p. 26, out- dez, 2013.

THE ENDOCRINE DISRUPTION EXCHANGE (TEDX). Chemicals used in natural gas fracturing operations: Pennsylvania. P.O. Box 1407, Paonia, 2009.

ZITTEL, W.; ZERHUSEN, J.; ZERTA, M. Fossil and Nuclear Fuels- The Supply Outlook. Energy Watch Group, Berlim Germany, 2013.

ANEXO 1 – AÇÃO CIVIL PÚBLICA COM PEDIDO DE MEDIDA LIMINAR

O MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL (2014) veio propor a presente AÇÃO CIVIL PÚBLICA AMBIENTAL COM PEDIDO DE MEDIDA LIMINAR em face a **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis- ANP, BAYAR Empreendimentos e Participações Ltda., Companhia Paranaense de Energia- COPEL, Cowan Petróleo e Gas S.A., Petra Energia S.A., Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobrás, Tucumann Engenharia e Empreendimentos Ltda.**, tendo a presente ação como objeto a suspensão dos efeitos decorrentes da 12ª Rodada de Licitações realizada pela ANP, em que ofereceu a exploração de gás de folhelho pelo método de fraturamento na Bacia do Rio Paraná, no setor SPAR-CS, em razão dos potenciais riscos ao meio ambiente, a saúde humana e a atividade econômica regional, além dos vícios que nulificam o procedimento licitatório.

A presente ação ajuizada pelo MPF, objetiva condenar a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (de ora em diante chamada “**ANP**”), autarquia federal e as empresas exploradoras, dentre outros, a não realizar atos exploratórios do “gás de xisto”, na modalidade fracking;(grifo do autor)

Alegando que essa exploração de gás de xisto na Bacia do Rio Paraná, afetará diretamente o Aquífero Guarani “um dos maiores do Brasil e de alcance transnacional, que está em média de 95% concentrado na Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu, rio federal de importância nacional”, incluindo geração de energia elétrica e abastecimento urbano. Além das nascentes dos Rios São Francisco Verdadeiro (em Cascavel), Guaçu (em Toledo), São Francisco Falso (em Céu Azul) e o Ocoí (em Matelândia), caracterizados como os principais afluentes da bacia do Rio Paraná 3.

A ANP concedeu as empresas explorados **Bayar Empreendimentos e Participações Ltda.**(arrematou parte dos blocos PAR-T-300, PAR-T-308, PAR-T-309 e PAR-T-321), **Companhia Paranaense de Energia** (arrematou parte dos blocos PAR-T-300, PAR-T-308, PAR-T-309 e PAR-T-321), **Cowan Petróleo e Gás s.a.**(arrematou parte dos blocos PAR-T-271, PAR-T-272, PAR-T-284, PAR-T-285 e PAR-T-286), **Petra Energia s.a.**(arrematou parte dos blocos PAR-T-300, PAR-T-308, PAR-T-309 e PAR-T-321), **Petróleo Brasileiro s.a. – Petrobras**(arrematou parte dos blocos PAR-T-271, PAR-T-272, PAR-T-284, PAR-T-285 e PAR-T-286 e a integralidade dos blocos PAR-T-297 e PAR-T-298) e **Tucumann Engenharia e**

Empreendimentos Ltda., (arrematou parte dos blocos PAR-T-300, PAR-T-308, PAR-T-309 e PAR-T-321) a exploração de gás de xisto.

Nesse pedido de Limiar o MPF afirma que não se pode passar despercebido pelo Poder Judiciário, como fez a ANP, que nem sequer consultou a Fundação Cultural Palmares/INCRA sobre eventual interferência da exploração do gás de xisto as comunidades quilombolas que se encontram na Bacia do Rio Paraná, pois o direito ambiental como redigido pelo MPF:

É regido por princípios específicos que devem garantir a proteção efetiva do meio ambiente (porque constitucionalmente assegurado, como alhures observado), dentre os quais se destacam os princípios da prevenção, precaução e do poluidor-pagador.

Diante do dito posto o Ministério Público Federal demonstra, por uma farta documentação técnica, vastas irregularidade procedimentais e ambientais que envolveram a licitação organizada pela ANP, que já servem para afastar os indícios relativos de legitimidade dos atos administrativos.

Ademais afirma que essa exploração é capaz de afetar valores imateriais e materiais de uma sociedade indeterminada, como o sossego, o ar puro, a saúde dos seus habitantes bem como uma série de outros elementos fundamentais ao desenvolvimento de todos.

Além de que a Terra Indígena Xetá, sentirá diretamente os riscos dos recursos energéticos sem sua participação e muito menos autorização do Congresso Nacional. Assim como os índios a Comunidade Quilombola Manoel Ciríaco dos Santos que sofrerá com os efeitos de recurso energético sem sua participação e sem que tenha havido deliberação da Fundação dos Palmares/INCRA.

Destacando que a “ANP informou equivocadamente a sociedade que o gás de xisto seria uma matriz energética promissora, ambientalmente sustentável, com o avanço tecnológico do Brasil”.

Havendo quebra de confiança, de boa-fé objetiva e da legítima expectativa que os cidadãos depositaram nos órgãos públicos.

A ANP violou os princípios administrativos, além de violar a boa administração pública passando por cima da confiança depositadas dos cidadãos, em especial se tratando da proteção ao meio ambiente.

E segundo o artigo 12 da Lei n. 7.347/85 prevê que o juiz poderá conceder, mesmo antes da efetivação do dano ambiental, um mandado liminar desde que seja

constatada a presença desses dois pressupostos: *periculum in mora* e *fumus boni iuris*.

Sendo o *fumus boni iuris* a razoabilidade do direito material invocado pelo autor que busca a tutela jurisdicional. Enquanto o *periculum in mora* é a possibilidade de formação de um dano potencial em decorrência de eventual demora na prestação jurisdicional.

O primeiro pressuposto se baseou nestes fundamentos:

i) Parecer técnico negativo do GTPEG, notadamente nos aspectos ambientais relacionados a) inúmeras perfurações de poços; b) intensificação de abertura de vias de acesso e instalação de canteiros; c) utilização de recursos hídricos; d) contaminação de aquíferos superficiais e subsuperficiais; e) utilização de fluidos e demais produtos químicos; f) disposição final da água de retorno (flowback water), água de produção e “cascalhos; g) potencial indutor de sismos; e, finalmente, a recomendação de realizar a AAAS;

ii) Ausência de conhecimento técnico necessário a fase de exploração;

iii) Informações inverídicas fornecidas ao MPF (4ª CCR, Grupo de Trabalho Grandes Empreendimentos e Procuradoria da República em Floriano/PI), que denotam a “ma-fé” da ANP;

iv) Oferta de blocos exploratórios com restrições ambientais, como: Unidades de Conservação (UC); áreas com processo de criação de UCs; Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade Brasileira; proximidades de UCs e Terras Indígenas (TI); cavernas; área aplicação da Lei da Mata Atlântica e aquíferos aflorantes;

v) Inobservância dos riscos inerentes aos recursos hídricos, notadamente do Aquífero Guarani, um dos maiores do mundo e de alcance transnacional;

vi) Inobservância da Terra Indígena Xeta, a despeito de requerimento expresso da FUNAI, e concessão de exploração de recurso mineral sem autorização do Congresso Nacional;

vii) Desconsideração da existência da Comunidade Quilombola Manoel Ciríaco dos Santos, que não foi consultada sobre a exploração do recurso mineral em região que lhe afeta diretamente;

viii) Licenciamento ambiental realizado por órgão estadual, a despeito de influência direta em terra indígena e quilombola, que exigem o licenciamento federal;

ix) Vícios nas audiências públicas realizadas pela ANP;

x) Repercussão negativa no âmbito internacional.

Em relação a *periculum in mora* a análise foi simples: para os blocos localizados fora da faixa de fronteira que são (PAR-T-300 e PAR-T-309), os contratos de concessão foram assinados em 15/05 /2014, já os blocos localizados em faixa da fronteira, (blocos PAR-T-271, PAR-T-272, PAR-T-284, PAR-T-285, PAR-T-286, PAR-T-297, PAR-T-298, PAR-T-308 e PAR-T-321) os contratos de concessão foram assinados em 29 /05 /2014.

Sendo que, após a assinatura desses contratos a fase de exploração se inicia e já haverá a possibilidade de perfuração de poços para a “pesquisa” pretendida.

Ainda neste documento o MPF afirma que a Resolução ANP n. 21/2014, não trata dos estudos ambientais prévios constitucionalmente exigidos (no caso, a AAAS) e dos demais estudos técnicos que demonstram a inviabilidade ambiental da exploração do gás de xisto.

Diante de algumas informações aqui colocadas, foi pedida a medida liminar para suspende-se os efeitos decorrentes da 12ª Rodada de Licitações em relação à disponibilização de blocos para exploração do gás de xisto com o uso da técnica do fraturamento hidráulico no setor SPAR-CS da Bacia do Rio Paraná, pelo menos para que sejam precedidos de estudos técnicos que demonstrem a viabilidade, ou não, do uso da técnica do fraturamento hidráulico em solo brasileiro, com previa regulamentação do CONAMA, e, com especial ênfase, na realização e devida publicidade da AAAS - Avaliação Ambiental de Áreas Sedimentares (Portaria n. 198/2012).

Para isso o Ministério Público Federal requereu:

1. O recebimento e a autuação desta inicial, junto com os documentos que a acompanham;

2. Como forma de dar publicidade a presente demanda, seja determinado liminarmente que a ré **Agência Nacional do Petróleo – ANP** faça constar a existência da presente ação **(i)** dos contratos de concessão firmados com as empresas **BAYAR EMPREENDIMENTOS E PARTICIPAÇÕES LTDA., COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA, COWAN PETRÓLEO E GAS S.A., PETRA ENERGIA S.A., PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - Petrobras, e TUCUMANN ENGENHARIA E EMPREENDIMENTOS LTDA.,** **(ii)** nos sites institucional e da Brasil-Rounds Licitações de Petróleo e Gás, nas guias '12a Rodada de Licitações', em destaque, na forma de banner não inferior a 10 cm x 5 cm, com fonte tamanho 12, em caixa alta, com a seguinte redação: *“O Ministério Público Federal de Cascavel/PR ajuizou Ação Civil Pública, distribuída na ____ Vara Federal de Cascavel/PR sob o n. _____, que objetiva a suspensão dos efeitos decorrentes da 12ª Rodada de Licitações realizada pela ANP, que ofereceu a exploração de gás de folhelho, conhecido como “gás de xisto”, na modalidade fracking (fraturamento hidráulico), na Bacia do Rio Paraná, no setor SPAR-CS, em razão dos potenciais riscos ao meio ambiente, à saúde humana e à atividade econômica regional, além dos vícios que nulificam o procedimento licitatório.”* (grifo do autor)
3. Como forma de garantia de transparência, seja determinado liminarmente que a ré Agência Nacional do Petróleo – ANP disponibilize a íntegra dos contratos de concessão e dos contratos de partilha de produção firmados com as empresas **BAYAR EMPREENDIMENTOS E PARTICIPAÇÕES LTDA., COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA, COWAN PETRÓLEO E GAS S.A., PETRA ENERGIA S.A., PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - Petrobras, e TUCUMANN ENGENHARIA E EMPREENDIMENTOS LTDA.** nos sites institucional e da Brasil-Rounds Licitações de Petróleo e Gás, nas guias '12a Rodada de Licitações';
4. A concessão de medida liminar para suspender, de forma imediata, os efeitos decorrentes da 12ª Rodada de Licitações promovida pela ANP em relação a disponibilização de blocos para exploração do gás de xisto com o uso da técnica do fraturamento hidráulico, inclusive quanto as empresas exploradoras, até a realização de estudos técnicos que demonstrem a viabilidade, ou não, do uso da técnica do fraturamento hidráulico em solo brasileiro, com previa regulamentação do CONAMA, e, com especial ênfase, na realização e devida publicidade da AAAS – Avaliação Ambiental de Áreas Sedimentares (Portaria n. 198/2012), cujos resultados deverão vincular a possível exploração dos correspondentes blocos, oportunizando-se

adequadamente a participação popular e técnica, e das pessoas que serão impactadas diretamente pela exploração, para que, dessa forma, garanta-se o efetivo controle no uso da técnica, inclusive quanto ao depósito e posterior descarte das substâncias utilizadas no processo de exploração;

5. A concessão de medida liminar, *inaudita altera pars*– inclusive da ANP-, pela urgência que o tema clama, para que todas as res sejam condenadas na obrigação de não fazer consistente em não assinar os contratos de concessão dos blocos localizados dentro da faixa de fronteira , em atenção ao princípio da precaução; caso já tenha algum deles, quando da publicação da decisão liminar, sido assinados (como e o caso dos blocos localizados fora da faixa de fronteira) , para que seja determinada a imediata suspensão de todos os efeitos decorrentes do(s) contrato(s) assinado(s);

6. A intimação da União (administração direta), para que manifeste eventual interesse em intervir no feito (art. 5º da Lei n. 9.469/97) e a citação dos réus para, querendo, responderem a presente ação, sob pena de revelia;

No mérito

7. Embora o MPF já tenha apresentado os documentos probatórios do alegado, seja o ônus da prova invertido em favor do meio ambiente até o despacho saneador, bem como protesta, outrossim, pela produção de prova documental, testemunhal, pericial e, até mesmo, inspeção judicial, que se fizerem necessárias a plena cognição dos fatos, inclusive no transcurso do contraditório que se vier a formar com a apresentação da contestação;

8. Seja confirmada, integralmente, a medida liminar, e julgado procedente o pedido formulado, com a anulação, em definitivo, dos atos administrativos e dos seus efeitos que culminaram na irregular concessão do gás de xisto na Bacia do Rio Paraná;

9. Seja a **ANP** condenada na **obrigação de não fazer** consistente em não_realizar procedimentos licitatórios e/ou celebrar contratos de concessão nas áreas da Bacia do Rio Paraná (setor SPAR-CS) enquanto a técnica do fraturamento hidráulico não for objeto de previa regulamentação do CONAMA e de AAAS, a ser realizada com a devida publicidade, oportunizando-se a participação de especialistas, pessoas que serão impactadas pela exploração, autoridades públicas (Ministério Público, Poder Judiciário, Conselhos Municipais e Estaduais), e que, assim, seja garantido, no futuro,

o efetivo controle no uso dessa técnica, inclusive quanto a depósito e posterior descarte das substâncias utilizadas no processo de exploração;

10. Seja a ANP condenada na obrigação de reparação de danos extrapatrimoniais coletivos, em virtude dos danos causados a coletividade, a Terra Indígena Xeta e a Comunidade Quilombola Manoel Ciríaco dos Santos, em valor a ser arbitrado por este Juízo;

11. A dispensa do pagamento das custas, emolumentos e outros encargos, em vista do disposto no artigo 18 da Lei n. 7.347/85;

12. Que eventuais valores obtidos em razão das multas e do pagamento do dano extra patrimonial coletivo sejam revertidos a fundo próprio deste Juízo para posterior destinação as áreas afetadas e que são objeto desta demanda, inclusive aquelas situadas fora dos limites territoriais deste órgão jurisdicional; tais valores deverão ser revertidos a entidades sem fins lucrativos que tenham como objeto social atividades de cuidado ao meio ambiente, a proteção indígena e quilombola, e poderão ser levantados após apresentação de projeto de atividades e custos a este Juízo, ao Ministério Público Federal e, quando couber, a outros órgãos públicos que eventualmente tenham por objeto a proteção do bem que ora se visa tutelar.

Diante desta Liminar, foi publicado no Diário Oficial da União nº 119, quarta-feira, 25 de junho de 2014 uma nota da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis de **Aviso de Suspensão**, em que a ANP comunica que, por força de liminar judicial proferida nos autos da Ação Civil Pública nº 5005509-18.2014.404.7005, os efeitos decorrentes da Décima Segunda Rodada de Licitações para os blocos localizados no setor SPAR-CS foram suspensos.

Desta forma:

I - Estão suspensos os efeitos dos contratos de concessão assinados no setor SPAR-CS no dia 15/05/2014, em relação à disponibilização de blocos para exploração do gás de xisto, mediante utilização da técnica do fraturamento hidráulico no setor SPAR-CS;

II - Está suspensa a assinatura dos demais contratos de concessão dos blocos localizados no setor SPAR-CS.

ANEXO 2 - RESOLUÇÃO ANP Nº 21, DE 10.4.2014 - DOU 11.4.2014

A DIRETORA-GERAL da AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS -ANP, no uso de suas atribuições legais, tendo em vista a Resolução de Diretoria nº 345, de 9 de abril de 2014,

Considerando que a ANP tem como finalidade promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da Indústria do Petróleo, do Gás Natural e dos Biocombustíveis, nos termos do art. 8º, caput, da Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 1997;

Considerando que compete à ANP fazer cumprir as boas práticas de conservação e uso racional do petróleo, gás natural, seus derivados e biocombustíveis e de preservação do meio ambiente, nos termos do art. 8º, inciso IX da Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 1997, bem como, garantir o fornecimento de derivados de petróleo em todo o território nacional, nos termos do § 2º do art. 177 da Constituição Federal; e

Considerando a necessidade de se estabelecer os requisitos essenciais e os padrões de segurança operacional e de preservação do meio ambiente para a atividade de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional, torna público o seguinte ato:

Art. 1º Ficam estabelecidos, pela presente Resolução, os requisitos a serem cumpridos pelos detentores de direitos de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural que executarão a técnica de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional.

Parágrafo único. Para fins desta Resolução e seus anexos ficam estabelecidas, além das definições constantes da Lei nº 9.478/1997, da Lei nº 12.351/2010, dos Contratos de Concessão e do Contrato de Partilha de Produção, as definições a seguir:

I - Agente de Sustentação: material granular utilizado no fraturamento hidráulico para sustentar a fratura, impedindo seu fechamento após a interrupção da injeção do fluido de fraturamento e possibilitando a obtenção de um canal permanente de fluxo entre formação e poço, depois de concluído o bombeio de fluido e propagação da fratura. São exemplos: as areias, as areias tratadas com resina, os grãos cerâmicos e a bauxita.

II - Análise de Riscos: processo analítico sistemático, alinhado com as melhores práticas de engenharia, e produto de estudo de equipe multidisciplinar qualificada, no qual são identificados os perigos potenciais do conjunto de atividades a serem desenvolvidas e determinadas, qualitativamente ou quantitativamente, a probabilidade de ocorrência e as consequências de eventos potencialmente adversos, bem como os possíveis impactos ao homem e ao meio ambiente, indicando os critérios de aceitação de risco adotados, bem como as medidas para a prevenção e mitigação dos cenários identificados.

III - Aquífero: corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através de seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos.

IV - Área sob Contrato: Bloco ou Campo objeto de um Contrato de Concessão, Contrato de Cessão Onerosa ou Contrato de Partilha de Produção.

V - Barreira de Segurança: conjunto de elementos capazes de conter ou isolar os fluidos dos diferentes intervalos permeáveis.

VI - Bottom Hole Assembly (BHA): configuração e componentes da extremidade inferior da coluna de perfuração.

VII - Bottom Hole Pressure (BHP): pressão exercida no fundo do poço.

VIII - Blowout Preventer (BOP): conjunto de válvulas posicionado na cabeça de poço cuja função é impedir o fluxo inadvertido de fluidos de dentro do poço para o ambiente externo.

IX - Ciclo de Vida do Poço: período durante o qual são desenvolvidas as atividades de projeto, construção, completação, produção e abandono do poço.

X - Corpo Hídrico Subterrâneo: volume de água armazenado no subsolo.

XI - Efluente Gerado: fluido de retorno resultante do fraturamento hidráulico (flowback), podendo conter substâncias oriundas do Reservatório Não Convencional e do fluido de fraturamento.

XII - Fase de Poço: intervalos de poço com mesmo diâmetro de revestimento.

XIII - Formation Integrity Test (FIT): teste de absorção realizado para verificar a integridade da formação a uma pressão predeterminada.

XIV - Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional: técnica de injeção de fluidos pressurizados no poço, em volumes acima de 3.000 m³, com objetivo de criar fraturas em determinada formação cuja permeabilidade seja inferior

a 0,1mD (mili Darcy), viabilizando a recuperação de hidrocarbonetos contidos nessa formação.

XV - Gerenciamento de Mudanças: processo organizacional para assegurar que as mudanças permanentes ou temporárias a serem efetuadas nas Operações, procedimentos, padrões, instalações ou pessoal sejam avaliadas e gerenciadas anteriormente à sua implementação, de forma que os riscos advindos dessas alterações permaneçam em níveis aceitáveis.

XVI - Indicadores Proativos: indicadores capazes de medir resultados e fazer prognósticos em fases suficientemente precoces, que possibilitem interromper o curso evolutivo, reverter o processo e evitar o fato.

XVII - Indicadores Reativos: indicadores capazes de medir resultados após a ocorrência dos eventos.

XVIII - Leakoff Test (LOT): teste realizado com o objetivo de determinar a pressão de absorção da formação.

XIX - Microssísmica: técnica de medição passiva de sismos de pequena escala, naturais ou induzidos, que ocorrem no subsolo, causados por agentes naturais ou artificiais.

XX - Plano de Emergência: conjunto de medidas que determinam e estabelecem as responsabilidades setoriais e as ações a serem desencadeadas imediatamente após um incidente, bem como definem os recursos humanos, materiais e equipamentos adequados à prevenção, controle e resposta ao incidente.

XXI - Reservatório Não Convencional: rocha de permeabilidade inferior a 0,1 mD, contendo hidrocarbonetos, onde se executa fraturamento hidráulico visando à produção desses hidrocarbonetos.

XXII - Responsável Técnico Designado: pessoa formalmente designada como responsável pela atividade, que tem competência para o exercício da profissão nas funções e atribuições definidas pelo Operador, em conformidade com a regulamentação profissional vigente no país.

XXIII - Sistema de Gestão Ambiental: parte do sistema de gestão global que inclui estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental definida pelo Operador.

XXIV - Step Rate Test-Teste realizado previamente à operação de fraturamento hidráulico no qual um fluido é injetado por um período definido, em

seqüências de taxas de bombeio crescentes. O resultado é utilizado para identificar parâmetros da operação de fraturamento, tais como pressão e vazão necessárias para uma operação bem-sucedida.

Sistema de Gestão Ambiental

Art. 2º O Operador deverá estabelecer e garantir o fiel cumprimento de um Sistema de Gestão Ambiental que atenda às Melhores Práticas da Indústria do Petróleo.

Art. 3º O Sistema de Gestão Ambiental deverá conter um plano detalhado de controle, tratamento e disposição de Efluentes Gerados provenientes das atividades de perfuração e Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional.

Parágrafo único. A água utilizada deverá ser preferencialmente Efluente Gerado, água imprópria ou de baixa aceitação para o consumo humano ou dessedentação animal, ou água resultante de efluentes industriais ou domésticos, desde que o tratamento a habilite ao uso pretendido.

Art. 4º O Operador, ao desenvolver o projeto de Fraturamento Hidráulico para Reservatório Não Convencional, deverá garantir a proteção dos corpos hídricos e solos da região.

Art. 5º O Operador deverá estabelecer e divulgar os Indicadores Reativos e Proativos, bem como as metas de responsabilidade social e ambiental.

Art. 6º O Operador deverá também publicar em seu sítio eletrônico:

I - Relatório anual de avaliação dos impactos e dos resultados das ações de responsabilidade social e ambiental;

II - Relação de produtos químicos, com potencial impacto à saúde humana e ao ambiente utilizados no processo, transportados e armazenados, contemplando suas quantidades e composições;

III - Informações específicas sobre a água utilizada nos fraturamentos, nominando claramente origem, volume captado, tipo de tratamento adotado e disposição final;

Dos estudos e levantamentos necessários para aprovação das operações de perfuração seguida de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional pela ANP

Art. 7º Para que a ANP aprove o Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional, o Operador deverá garantir, por meio de testes, modelagens, análises e estudos, que o alcance máximo das fraturas projetadas permaneça a uma

distância segura dos corpos hídricos existentes, conforme as Melhores Práticas da Indústria do Petróleo.

§ 1º Fica vedado o fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional em poços cuja distância seja inferior a 200 metros e poços de água utilizados para fins de abastecimento doméstico, público ou industrial, irrigação, dessedentação de animais, dentre outros usos humanos.

§ 2º Somente será aceita a aplicação do Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional em poços que sejam integralmente revestidos nos intervalos anteriores ao Reservatório Não Convencional.

§ 3º O Operador deverá realizar a análise da influência do Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional do poço em questão sobre os poços adjacentes, de modo a evitar efeitos sinérgicos ou cumulativos indesejáveis.

Art. 8º A aprovação do Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional pela ANP dependerá da apresentação pelo Operador, com antecedência mínima de 60 (sessenta) dias do início da perfuração, dos seguintes documentos:

I - Licença ambiental do órgão competente com autorização específica para as Operações de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional, quando aplicável;

II - Outorga ou autorização para a utilização dos recursos hídricos, conforme legislação aplicável;

III - Laudo fornecido por laboratório independente, acreditado pelo INMETRO, para os corpos hídricos superficiais (reservatórios artificiais ou naturais, lagos e lagoas) e poços de água existentes em um raio de 1.000 metros horizontais da cabeça do poço a ser perfurado, contendo, além das análises porventura exigidas pelo órgão ambiental competente: (i) data da coleta; coordenadas dos pontos de coleta, e métodos utilizados na coleta; (ii) data da realização das análises, método de análise utilizado e resultados obtidos; e (iii) identificação do responsável pela análise;

IV - Projeto de poço para Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional, conforme descrito no Anexo I desta Resolução, podendo ser contemplado em um mesmo projeto um conjunto de poços de características semelhantes;

V - Declaração de Responsável Técnico Designado pela empresa de que o projeto atende aos requisitos legais aplicáveis e que foram realizados os testes,

modelagens, análises e estudos, alinhados com as melhores práticas de engenharia, os quais permitiram concluir que, sendo executado o projeto, os riscos de falhas preexistentes serem reativadas ou das fraturas geradas alcançar qualquer Corpo Hídrico Subterrâneo existente foram reduzidos a níveis toleráveis; e

VI - Estudos e avaliação de ocorrências naturais e induzidas de sísmica.

§ 1º O detentor de direitos de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural poderá solicitar aprovação da realização de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional em poços já perfurados, desde que esses poços atendam a todos os requisitos da presente Resolução.

§ 2º Nos casos previstos no parágrafo anterior, a documentação listada neste artigo deverá ser apresentada 60 (sessenta) dias antes da data prevista para o início do Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional.

§ 3º No laudo a que se refere o inciso III deste artigo devem constar, no mínimo, os parâmetros descritos no Anexo II.

§ 4º O projeto de poço para fraturamento contemplará:

I - Projeto de poço com Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional;

II - Simulação de fraturas; e

III - Análises de Riscos.

Art. 9º A partir da entrega do projeto de poço contemplando Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional o Operador compromete-se a cumpri-lo fielmente.

§ 1º Caso seja necessário realizar alterações no projeto de fraturamento Hidráulico Não Convencional antes do início da perfuração dos poços, o Operador deverá submeter tais modificações, o respectivo gerenciamento de mudanças, bem como sua análise de riscos, à aprovação da ANP.

§ 2º Caso, durante a perfuração do poço ou execução do fraturamento hidráulico, seja necessário realizar alterações no projeto de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional, o Operador deverá registrar as modificações, incluir as respectivas justificativas e informar imediatamente a ANP.

Projeto de poço com Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional

Art. 10º As especificações do projeto de poço e do Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional devem identificar os riscos relacionados, visando

à garantia da integridade durante todo o Ciclo de Vida do Poço, inclusive após o seu abandono.

Art. 11º O Programa de revestimento e cimentação deverá considerar os seguintes aspectos:

I - Deverão ser informados os parâmetros críticos da cimentação, tais como densidade da pasta, tempo de endurecimento, controle de perda de fluidos, pressões de fundo durante o bombeio e desenvolvimento de resistência à compressão;

II - Após a pega do cimento, o revestimento deve ser testado com pressão e tempo de duração do teste apropriado, no sentido de garantir que a integridade do revestimento será adequada aos objetivos do projeto;

III - Deverá ser realizado o LOT/FIT a cada início de Fase do Poço posterior à descida do revestimento de superfície no sentido de verificar a integridade das formações subsequentes;

IV - Os revestimentos devem ser dimensionados de modo a suportar as tensões previstas durante seu Ciclo de Vida, incluindo-se as operações de injeção de fluidos para o fraturamento hidráulico, e ser constituídos de material resistente aos fluidos produzidos, injetados e recuperados;

V - A cimentação deverá impedir a migração de fluidos das formações mais profundas para qualquer Corpo Hídrico Subterrâneo por meio das estruturas de poço e/ou pela área adjacente à cimentação;

VI - Perfilagem a poço aberto, contemplando, no mínimo, potencial espontâneo, raios gama, resistividade, densidade, sônico e calibre, com o cotejamento e a confirmação da presença de aquíferos e demais descrições litológicas. Caso limitações técnicas inviabilizem a realização ou obtenção de dados confiáveis, o Concessionário deverá informar à ANP e justificar a supressão do perfil em questão;

VII - Após a cimentação ou término da Fase de Poço seguinte deverão ser realizadas corridas dos perfis de avaliação da cimentação nas formações a serem fraturadas e em trecho com comprimento tecnicamente adequado das formações adjacentes, cujos laudos deverão ser assinados pelo Responsável Técnico Designado pela empresa, que deverá também atestar que o trabalho atingiu parâmetros aceitáveis qualitativamente e, quando for o caso, quantitativamente;

VIII - O topo do cimento deverá ser explicitado, bem como os resultados dos testes hidrostáticos para acimentação;

IX - Garantir a existência e integridade de, pelo menos, duas Barreiras de Segurança independentes, solidárias e testadas, isolando as formações porosas e/ou formações contendo hidrocarbonetos e a superfície; e

X - Garantir, por no mínimo 5 (cinco) anos, o armazenamento do registro das pressões do anular durante o Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional.

§ 1º Alterações de premissas, dificuldades operacionais e outros quesitos que venham a resultar em mudanças no projeto ou nos procedimentos operacionais deverão ser devidamente geridos por meio do sistema de Gerenciamento de Mudanças estabelecido.

§ 2º O projeto de poço deverá prever abandono que respeite o critério de duas Barreiras de Segurança permanentes, independentes e solidárias, capazes de isolar as formações porosas das formações portadoras de hidrocarbonetos e da superfície.

§ 3º No revestimento de superfície poderá ser feita a avaliação indireta da cimentação a partir das seguintes condições: retorno comprovado do cimento à superfície, comprovação da existência de cimento entre o colar e a sapata, realização de FIT ou LOT ou técnica de avaliação da cimentação equivalente.

Simulação de fraturas

Art. 12º O Operador deverá aplicar método de modelagem utilizando dados geomecânicos, alinhado com as melhores práticas de engenharia, para realizar a simulação das operações de fraturamento.

Parágrafo único. O Operador somente poderá dar continuidade ao projeto caso seja insignificante a possibilidade de que as fraturas geradas ou que a reativação de eventuais falhas preexistentes se estenda até intervalos não permitidos, tais como Corpos Hídricos Subterrâneos e poços adjacentes.

Análises de Riscos

Art. 13º As Análises de Riscos deverão contemplar todas as fases e operações, implementando-se as ações identificadas para o controle e redução da possibilidade de ocorrências de incidentes.

Parágrafo único. Caso a ANP considere que o método de Análise de Risco adotado pelo Operador não identifica adequadamente os riscos e/ou as ações para mitigá-los, será exigida a realização de nova Análise de Risco, pelo método indicado pelo órgão regulador.

Art. 14º O Operador deverá considerar nas análises de risco os cenários de comunicação entre poços devido às Operações de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional.

Art. 15º As análises de riscos deverão ser aprovadas pelo Responsável Técnico Designado.

Execução das Operações

Art. 16º O Operador deverá implementar procedimentos operacionais para o Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional, com instruções claras e específicas para execução das atividades com segurança, levando em consideração as especificidades operacionais e a complexidade das atividades, em conformidade com os requisitos do item 17 - Operação e Processo do Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Integridade Estrutural das Instalações Terrestres de Produção de Petróleo e Gás Natural – SGI anexo à Resolução ANP nº 02/2010, no que couber.

Art. 17º O Operador, previamente à operação de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional, deverá realizar testes a partir dos quais se obtenham as pressões requeridas para início, propagação e fechamento de fraturas, tais como, testes de injetividade, microfraturamentos e "step rate tests", comparando os valores resultantes com aqueles previstos no projeto de fraturamento e refazendo as modelagens e simulações, se for o caso.

Art. 18º O Operador deverá avaliar e demonstrar que os parâmetros esperados do Reservatório Não Convencional, contidos na descrição do poço (Anexo I), foram encontrados, a fim de permitir à ANP concluir se o Reservatório se qualifica como Reservatório Não Convencional.

Parágrafo único. Caso os parâmetros encontrados não estejam dentro dos limites de erro definidos, os estudos que tiveram por base aqueles parâmetros previstos deverão ser revisados.

Art. 19º As linhas de alta pressão utilizadas no Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional deverão estar certificadas quanto à sua integridade, dentro do prazo de validade e serem testadas antes de cada operação.

Parágrafo único. Os relatórios atestando sua integridade e contendo as respectivas datas de validade deverão ser mantidos pelo Operador durante 5 (cinco) anos e encaminhados à ANP sempre que solicitados, no prazo de 48 (quarenta e oito) horas, se outro não for especificado em notificação.

Art. 20º Os parâmetros de bombeio (pressão máxima admissível) deverão ser definidos a partir do limite de ruptura do revestimento, da pressão de Operação dos equipamentos de cabeça de poço e de superfície, e dos demais riscos identificados na Análise de Riscos.

Art. 21º Os parâmetros de fundo (BHP máxima admissível) deverão ser definidos para as diferentes condições de operação, considerando-se razão gás-óleo (RGO), proporção de sedimentos e água (BSW), entre outros, conforme o caso.

Art. 22º. Deverão ser aplicados ao Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional os requisitos do Item 15 - Inspeção de Equipamentos e Tubulações e do Item 16 - Manutenção de Equipamentos e Tubulações do Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Integridade Estrutural das Instalações Terrestres de Produção de Petróleo e Gás Natural - SGI, anexo à Resolução ANP nº 02/2010, no que couber.

Art. 23º Durante as etapas de canhoneio e estágios de fraturamento, o Operador deverá empregar microssísmica ou outros métodos comprovadamente equivalentes para demonstrar que os limites inferior e superior das fraturas geradas obedecem às simulações do Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional.

Art. 24. O Operador deverá garantir que a força de trabalho tenha treinamento adequado para o desempenho de suas funções e que compreende os riscos identificados nas Análises de Riscos realizadas para o projeto.

§ 1º O Operador deverá estabelecer os requisitos mínimos dos cargos e funções relacionados às atividades a serem desempenhadas.

§ 2º O Operador deverá manter uma matriz de treinamento correlacionando as funções aos treinamentos necessários.

§ 3º O Operador deverá possuir um sistema que permita controlar que a força de trabalho alocada para cada função tenha treinamento adequado, considerando a matriz de treinamento.

Resposta à emergência

Art. 25º O Operador deverá elaborar e garantir o cumprimento de Plano de Emergência, contendo os recursos disponíveis, a relação de contatos de emergência e os cenários identificados na análise de risco, contemplando as questões específicas do fraturamento hidráulico.

§ 1º O Plano de Emergência deverá apresentar os procedimentos, treinamentos, recursos e estruturas necessárias para eliminar ou minimizar as consequências dos cenários acidentais identificados.

§ 2º Toda e qualquer Operação somente poderá ocorrer após a avaliação da capacidade de resposta à emergênciado Operador para lidar com os cenários acidentais associados identificados na Análise de Risco.

§ 3º Qualquer evento com potencial de dano, tais como falha de integridade do poço, indício de fraturamento alcançando corpo hídrico ou, de forma inadvertida, poço adjacente, deverá ser comunicado à ANP conforme Resolução ANP nº 44/2009, ou outra que vier a substituí-la.

Art. 26º Deverão ser aplicados os requisitos do Item 9 - Plano de Emergência do Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Integridade Estrutural das Instalações Terrestres de Produção de Petróleo e Gás Natural - SGI anexo à Resolução ANP nº 02/2010, no que couber.

Disposições Finais e Transitórias

Art. 27º Toda a documentação necessária para o cumprimento desta Resolução bem como resultados dos testes, modelagens, análises, estudos, planos e procedimentos deverão ser mantidos e arquivados pelo Operador.

Parágrafo único. Os documentos citados no caput deste artigo deverão ser apresentados à ANP, sempre que solicitado, no prazo de 48 (quarenta e oito) horas, se outro não for especificado em notificação.

Art. 28º A validade da aprovação dada para a realização do Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional fica condicionada à manutenção da validade de todas as licenças ambientais necessárias.

Art. 29º Aplica-se à atividade de Produção dos poços abrangidos por esta Resolução integralmente o Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Integridade Estrutural das Instalações Terrestres de Produção de Petróleo e Gás Natural - SGI, anexo à Resolução ANP nº 02/2010.

Art. 30º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

MAGDA MARIA DE REGINA CHAMBRIARD

ANEXO I

Projeto de poço e Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional

I - Identificação do Prospecto
<p>Descrição do Prospecto, contendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) as características geológicas e das regiões de interesse para perfuração e Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional. b) aquíferos e corpos hídricos identificados, a partir de informações preexistentes ou derivadas das perfurações realizadas na área do projeto; c) os poços de correlação utilizados para subsidiar o projeto, se houver; d) identificação e análise de riscos geológicos, com as respectivas medidas mitigadoras de risco
II - Identificação da área pretendida para a alocação da cabeça do poço
<p>Descrição detalhada dos recursos hídricos superficiais existentes, inclusive aqueles a serem utilizados na operação, indicados em planta baixa em escala com a posição pretendida para a alocação da cabeça de poço, bem como dos poços adjacentes em um círculo de raio mínimo de 1.000 metros.</p>
III - Descrição do projeto do poço
<p>Descrição geral da estratégia de perfuração, contendo, no mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) diagrama completo do poço que contenha as informações gerais das fases a serem perfuradas, contendo, no mínimo, coluna litológica prevista, topos de unidades estratigráficas, profundidades finais, diâmetros, revestimentos, fluidos, e programas de teste munhagem, amostragem e perfis; b) as curvas de geopressões com os dados históricos de LOT/FIT e testes de pressão; c) a trajetória do poço, os objetivos da perfuração e os parâmetros esperados do Reservatório Não Convencional (pro-undidade, gradiente de pressões, pressão de fechamento das fraturas, transmissibilidade, permeabilidade, porosidade); d) os elementos de segurança de poço (BOP, cabeça de injeção, suspensores de revestimento). <p>Descrição individual de cada Fase de Poço com apresentação do diagrama da fase contendo, no mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) os prospectos e os insumos geológicos detalhados, contemplando descrição da estratigrafia esperada; b) o programa de fluidos de perfuração; c) o programa de revestimento e cimentação. d) margem de segurança de manobra (MSM); e) hidráulica da perfuração; f) breve descrição do BHA; <p>As barreiras de segurança, procedimentos, sistemas para a mitigação dos riscos identificados nas Análises de Riscos.</p>
IV - Projeto de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional
<p>Modelagem do Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) descrição do método de modelagem dos dados geomecânicos e dos parâmetros utilizados para realizar a simulação das operações de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional. Deve ser evidenciado que as fraturas geradas ou que a reativação de eventuais b) falhas preexistentes não se estenda até intervalos não permitidos tais como Corpos Hídricos Subterrâneos e poços adjacentes. c) resultados da modelagem, contendo, no mínimo: (i) geometria estimada das fraturas; (ii) distância mínima estimada entre as fraturas e os poços adjacentes e

suas fraturas e aquíferos; (iii) identificação da localização espacial da zona de possível influência do Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional. Estudo de interconexão entre poços, contemplando, no mínimo:

- a) a integridade de todos os poços adjacentes na proximidade, num raio de 500 metros;
- b) os poços existentes que atravessam a área da Operação cuja zona de possível influência do fraturamento foi definida na modelagem;
- c) descrição detalhada do Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional e verificação da compatibilidade entre as pressões máximas admissíveis dos elementos expostos e as pressões a serem utilizadas durante o fraturamento;

Análise de Riscos do Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional, considerando a existência de todos os poços adjacentes e operações de fraturamento, num raio de 500 metros.

V - Descrição da Operação de Fraturamento Hidráulico Não Convencional

Descrição dos métodos de recuperação e tratamento do fluido que irá retornar do poço após o Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional (flowback), considerando a possível injeção de agente viabilizador da recuperação. Deve ser explicitado, no mínimo:

- a) estimativa de volume de água necessário para o Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional, considerando a quantidade de poços a serem perfurados;
- b) estimativa do volume de água a ser recuperado e tratado após as operações de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional;
- c)
- d) estratégia de controle, tratamento e disposição do Efluente Gerado no Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional;
- e) plano de amostragem do Efluente Gerado, após a finalização da injeção na formação;
- f) descrição dos componentes químicos que se pretende utilizar durante o Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional, destacando se são inertes ou relatando seu potencial de reagir quando em contato com águas subterrâneas, rochas, vegetais e seres humanos e as medidas de controle;
- g) descrição detalhada do Agente de Sustentação a ser utilizado, incluindo origem e descrição físico-química e os critérios para sua seleção;
- h) análise da influência da injeção do fluido de Fraturamento no Reservatório Não Convencional e nos demais poços existentes ou a serem perfurados na Área sob Contrato;
- i) dimensões, extensão e geometria das fraturas induzidas utilizando os parâmetros de operação (pressão, volume, vazão e viscosidade do fluido de fraturamento);
- j) pressão de injeção, o volume a ser injetado, tempo de injeção de fluido sem Agente de Sustentação, tempo de injeção de fluido com Agente de Sustentação, tempo de propagação da fratura, instante de interrupção da aplicação de pressão, concentração dos produtos químicos e do Agente de Sustentação a ser empregado na Operação;
- k) esquema de funcionamento do sistema de monitoramento da Operação de Fraturamento Hidráulico Reservatório Não Convencional, que deve ser capaz de ler e armazenar dados como: vazão de fluido a partir dos tanques de armazenamento, vazão do fluido entregue nas bombas de alta-pressão, pressão na cabeça de injeção, concentração de Agente de Sustentação e químicos;

l) estágios de fraturamento do poço em questão, contemplando o número de fraturas por trecho horizontal ou vertical do poço;

m) práticas a serem adotadas para reduzir os riscos operacionais no caso de múltiplos poços fraturados, caso ocorra a sobreposição de fraturas.

Programa da operação, incluindo necessariamente os testes de pressão nas linhas e equipamentos, testes prévios à operação propriamente dita (testes de injetividade, microfraturamento, step rate test) visando à calibração da simulação prévia de propagação da fratura, e a sequência da operação de bombeio.

VI - Análise de Riscos e Resposta à emergência

a) descrever os cenários acidentais identificados nas Análises de Riscos para as atividades de perfuração, fraturamento hidráulico, controle, tratamento e disposição de efluentes gerados e indicar as medidas de redução de riscos e de resposta aos incidentes relacionados com os respectivos cenários.

b) descrever e quantificar os recursos de resposta bem como sua disponibilidade e localização.

ANEXOII

PARÂMETROS GERAIS	PARÂMETROS INORGÂNICOS	PARÂMETROS ORGÂNICOS
pH	Sulfatos	BTEX
Temperatura	Cloretos	Óleos e graxas
Turbidez	Bromatos	Metano total dissolvido
Condutância específica	Metais (Ag, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Fe, Hg, Li, K, Mg, Mn, Na, Pb, S, Se)	Materiais normalmente radioativos ("NORM") com atividade radioativa associada ao Rádio 226 e Rádio 228 em Bq/L.
Oxigênio dissolvido		
Alcalinidade de carbonatos		
Alcalinidade de bicarbonatos		
Total de sólidos dissolvidos		
Total de sólidos em suspensão		